849
M61
v.38-39
SI

SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO

DEPARTAMENTO DE EXPLORACIONES Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

Jefe del Departamento y Director del Instituto Geológico: Ingeniero L. Salazar Salinas

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN NUM. 38

MEMORIA RELATIVA

AL

TERREMOTO MEXICANO DEL 3 DE ENERO DE 1920

POR LAS COMISIONES

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

Smithsonian Institution
O. P. HAY
COLLECTION
261259
National Museum

TALLERES GRAFICOS DE LA NACION

México.—1922

SMITHSONIAN
LIBRARIES

PUBLICACIONES PERIODICAS

DE LA

SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO

BOLETIN DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO

(MENSUAL)

ORGANO DE LOS DEPARTAMENTOS DE INDUSTRIAS, DE COMERCIO Y DE TRABAJO

Subscripción por un año	$ 5.00
Por seis meses	2.75
Números sueltos	0.50
Por un año en Estados Unidos, Cuba y Canadá	Dls. 5.00
Por un año en Europa y Sudamérica	7.00

BOLETIN MINERO

(MENSUAL)

ORGANO DEL DEPARTAMENTO DE MINAS

Subscripción por un año	$ 11.50
Por seis meses	5.75
Números sueltos en la República	1.00
Por un año en Estados Unidos, Cuba y Canadá	Dls. 10.50
Números sueltos en Estados Unidos, Cuba y Canadá	1.00
Por un año en Europa y Sudamérica	12.50
Números sueltos en Europa y Sudamérica	1.25

BOLETIN DEL PETROLEO

(MENSUAL)

ORGANO DEL DEPARTAMENTO DE PETROLEO

Subscripción por un año	$ 11.50
Por seis meses	5.75
Números sueltos en la República	1.00
Por un año en Estados Unidos, Cuba y Canadá	Dls. 10.50
Números sueltos en Estados Unidos, Cuba y Canadá	1.00
Por un año en Europa y Sudamérica	12.50
Números sueltos en Europa y Sudamérica	1.25

GACETA OFICIAL DE LA OFICINA DE PATENTES Y MARCAS

(MENSUAL)

ORGANO DEL DEPARTAMENTO DE PATENTES Y MARCAS

Subscripción por un año	$ 6.00
Número suelto	0.50

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

Boletín, Anales y Monografías Diversas

Pídanse precios a la Administración de Publicaciones

GACETA MENSUAL DEL DEPARTAMENTO DE TRABAJO

Distribución gratuita

PUBLICACIONES DIVERSAS

Solicítese el catálogo de Publicaciones de la Secretaría

Al hacer los pedidos, cuyo pago debe ser adelantado, deberá enviarse el importe en documentos de fácil cobro, tales como giros postales, vales para editores, letras a la presentación o cheques, a favor del Administrador de Publicaciones, quien rehusará dichos pagos si vinieren en timbres u otra clase de documentos diferentes de los citados.

Para toda clase de informes y pedidos, dirigirse a la Administración de Publicaciones de la SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO.—Teléfonos: Ericsson, 10-401, y Mexicana, 13-55 Neri.—Avenida República Argentina núm. 12.—MEXICO, D. F.

38-39

SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO

DEPARTAMENTO DE EXPLORACIONES Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

Jefe del Departamento y Director del Instituto Geológico: Ingeniero L. Salazar Salinas

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN NUM. 38 - 39

MEMORIA RELATIVA

AL

TERREMOTO MEXICANO DEL 3 DE ENERO DE 1920

POR LAS COMISIONES

DEL INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

Smithsonian Institution
G. P. HAY
COLLECTION
261259

SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA

TALLERES GRAFICOS DE LA NACION

MEXICO — 1922

"Los autores de las publicaciones del Instituto Geológico de México, son responsables personalmente, de las ideas que emitan o de las nuevas teorías que sustenten."

CONTENIDO

TEXTO

Págs.

INTRODUCCION... Por el ingeniero de minas don Leopoldo Salazar Salinas, Director del Instituto Geológico de México..... 5

PRIMERA PARTE

CAPITULO I..... Reseña fisiográfica 11
CAPITULO II..... Reseña geológica 17
CAPITULO III..... Estudio del terremoto..... 22
1.—Descripción general del fenómeno y sus efectos en la zona megasísmica..... 22
2.—Extensión, forma, límites y situación geográfica del área pleistosística y carácter del movimiento 23
3.—Dirección del movimiento..... 25
4.—Duración del choque..... 27
5.—Propagación del movimiento sísmico..... 27
CAPITULO IV..... Efectos geológicos 27
CAPITULO V..... Efectos sobre las construcciones..... 30
CAPITULO VI..... Fenómenos acompañantes 36
1.—Efectos sobre seres orgánicos..... 36
2.—Fenómenos acústicos 37
3.—Temblores anteriores procedentes del mismo foco 37
CAPITULO VII..... Conclusiones generales y causa del temblor..... 44

SEGUNDA PARTE

ADVERTENCIA 47
CAPITULO I..... Informe que sobre los fenómenos sísmicos del 3 de enero de 1920, rinde el Inspector de la Red Sismológica 47
1.—Generalidades 47
2.—Choques premonitores 48
3.—Hora del temblor..... 49
4.—Duración e intensidad 57
5.—Choques subsecuentes 58
6.—Efectos de los temblores del 3 de enero de 1920, en las construcciones de la ciudad de Jalapa 59
CAPITULO II..... Estudio sismográfico 61
A.—Observaciones instrumentales directas..... 61
1.—Estación Sismológica Central, Tacubaya, D. F. 61
2.—Estación Sismológica de Oaxaca, Oax. 64
3.—Estación Sismológica de Jalapa, Ver. 66
4.—Registro de los choques anteriores y recientes del mismo foco..... 67

Págs.

5.—Choques recurrentes registrados en la Estación Central 68
B.—Observaciones instrumentales extranjeras..... 70
1.—Spring Hill College, Mobile, Alabama..... 71
2.—St. Louis University, St. Louis, Mo..... 71
3.—Georgetown University, Washington, D. C.... 72
4.—Harvard University, Cambrige, Mass..... 72
5.—Ottawa, Earthquake Station, Dominion Observatory 73
6.—Berkeley Station, California..... 74
7.—The Lick Observatory Station, California..... 74
8.—La fase "Cero."..... 75
9.—Conclusiones sismográficas 75

TERCERA PARTE

CAPITULO I..... Itinerario 77
CAPITULO II..... Fisiografía 78
1.—Orografía 78
2.—Hidrografía 78
CAPITULO III..... Cortes geológicos 80
CAPITULO IV..... Efectos del temblor en los lugares habitados..... 82
1.—San Andrés Chalchicomula, Pue..... 82
2.—Saltillo Lafragua, Pue..... 84
3.—Ranchería de Agua de la Mina..... 85
4.—Chilchotla, Pue. 85
5.—Patlanalá, Pue. 86
6.—Ayahualulco, Ver. 87
7.—Camuxapa, Ver. 88
8.—Barranca Grande, Ver..... 88
Cuadro general del carácter del terremoto..... 89
CAPITULO V..... Efectos del temblor sobre el terreno..... 89
1.—Grietas 89
2.—Deslizamientos y derrumbes de las montañas. 90
3.—Manantiales 92
4.—Inundación de lodo..... 92
5.—Hundimientos locales 93
CAPITULO VI..... Resultados de las observaciones macrosísmicas..... 94
1.—Isoseistas 94
2.—Profundidad del hipocentro..... 96
3.—Energía del movimiento..... 96
4.—Dirección del movimiento..... 98
CAPITULO VII..... Consideraciones dinámicas acerca del terremoto. Sismogenia 99
APENDICE 103
I.—Proyecto de una red sismológica en México. 103
II.—Informe ministrado por el señor Octavio Fernández de Castro 105
BIBLIOGRAFIA 107

ILUSTRACIONES

Lámina I-A. . . . . El Pico de Orizaba. Vista tomada desde San Andrés Chalchicomula, Pue.
Lámina II-A. . . . . El Pico de Orizaba. Vista tomada desde la "Cueva." Falda occidental del volcán.
Lámina III-A. . . . . Vista general de Jalapa, Ver. En el fondo, el cono basáltico del Matlacuiltepetl.

Lámina IV-A. . . . . Fot. 1.—Vista de Cosautlán, Ver. (destruído), tomada desde el camino de Teocelo a esta población.

Fot. 2.—Destrucciones en la parte alta de Cosautlán, Ver.

Lámina V-A. . . . . Fot. 1.—Sierra de Ocotene, desde el Espinazo del Diablo. Abajo se ve el Cerro de los Platos.

Fot. 2.—Borde de una de las fallas que limitan por el Norte el Valle de Patlanalá, en el Cerro de Tepehícan.

Lámina VI-A. . . . . Fot. 1.—Valle de Patlanalá, Pue., visto desde el Oriente. La fotografía demuestra los derrumbes efectuados por el temblor del 3 de enero de 1920, en los cerros que limitan el valle.

Fot. 2.—El cerro de Tepehícan y la laguna de Patlanalá al pie del cerro.

Lámina VII-A. . . . . Barranca de Acuitlatipa, en la que se originó la principal avenida de lodo que destruyó las congregaciones de los alrededores de Patlanalá, Pue.

Lámina VIII-A. . . . . Detalle del fondo de la barranca de Acuitlatipa que muestra el origen y espesor de las avenidas de lodo.

Lámina IX-A. . . . . Fot. 1.—Derrumbe en la cima del Cerro Colorado que limita el valle de Patlanalá por el Norte. (Se nota en la fotografía una ligera nube de polvo producida por la caída de una piedra.)

Fot. 2.—Campamento de la primera comisión en Patlanalá. (En el fondo se ve un derrumbe.)

Lámina X-A. . . . . Fot. 1.—El Pico de Orizaba o Citlaltepetl visto desde Patlanalá, Pue. En los cerros cercanos se ven los derrumbes de sus flancos.

Fot. 2.—Valle del Río Pescados con la sierra de Ocotene (a la izquierda). Vista tomada desde "La Mojonera," en los alrededores de Patlanalá.

Lámina XI-A. . . . . Fot. 1.—Cosautlán, Ver. Destrucciones en el costado norte de la plaza.

Fot. 2.—Cosautlán, Ver. Destrucciones en el lado W. de la plaza. En el fondo se ve el Cofre de Perote.

Lámina XII-A. . . . . Fot. 1.—Cosautlán, Ver. Casas destruídas situadas detrás del templo de esa población.

Fot. 2.—Cosautlán, Ver. Destrucciones en el costado norte del templo.

Lámina XIII-A. . . . Fot. 1.—Torre del Templo de Cosautlán, Ver., caída al NW.

Fot. 2.—Iglesia destruída en Cosautlán, Ver. El muro del fondo estaba orientado NE.-SW.

Lámina XIV-A. . . . . Fot. 1.—Altar mayor de la iglesia de Cosautlán, Ver., destruído.

Fot. 2.—Muro cuarteado de la iglesia de Cosautlán, Ver. (Orientado de NE. a SW.)

Lámina XV-A. . . . . Fot. 1.—Pilar cuarteado del templo de Cosautlán, Ver.

Fot. 2.—Altar norte de la iglesia de Cosautlán, Ver. Destruído.

Lámina XVI-A. . . . . Fot. 1.—Altar sur de la iglesia de Cosautlán, Ver. (Parte superior.)

Fot. 2.—Altar sur de la iglesia de Cosautlán, Ver. (Parte inferior.)

Lámina XVII-A. . . . . Fot. 1.—Templo de Teocelo, Ver. Altar mayor destruído.

Fot. 2.—Pilastra y balaustres de piedra artificial movidos en el altar mayor del templo de Teocelo, Ver. (Rotación aparente.)

Lámina XVIII-A. . . . Fot. 1.—Busto de Hidalgo movido sobre su pedestal. Plaza de Teocelo, Ver. (Rotación aparente.)

Fot. 2.—Derrumbe del cerro de Tlatetela, en los alrededores de Barranca Grande, Ver.

Lámina XIX-A. . . . Fot. 1.—Derrumbe en un cerro de los alrededores de Barranca Grande, Ver.

Fot. 2.—La sierra de Ocotene, vista desde Cosautlán, Ver.

Lámina XX-A. . . . Fot. 1.—Derrumbe y vegetación destruída por el terremoto en el camino de Cosautlán, Ver., a Patlanalá, Pue.

Fot. 2.—Iglesia destruída de Patlanalá, Pue. En el fondo se ve un derrumbe.

Lámina XXI-A. . . . . Fot. 1.—Vista general de lo que fué el caserío de Barranca Grande, Ver. En el fondo se ve una de los pocas casas que no fueron cubiertas por el lodo. (Fotografía tomada desde el NW.)

Fot. 2.—Parte de la avenida de lodo que ocupó el lecho del Río Pescados, en los alrededores de Barranca Grande, Ver.

Lámina XXII-A. . . . Fot. 1.—Lecho del Río Pescados ocupado por una avenida de lodo en los alrededores de Barranca Grande, Ver. Vista tomada del SE.

Fot. 2.—Borde de una avenida de lodo en los alrededores de Barranca Grande, Ver.

Lámina XXIII-A. . . . . Casa cubierta por la avenida de lodo en la Congregación de Barranca Grande, Ver.

Lámina XXIV-A. . . . Fot. 1.—Exterior de la iglesia de Patlanalá, Pue. Destruída.

Fot. 2.—Interior de la iglesia de Patlanalá, Pue. Destruída.

Lámina XXV-A. . . . Fot. 1.—Cosautlán, Ver. Destrucciones alderredor de la plaza.

Fot. 2.—Plaza, kiosco y barracas construídas después del terremoto en Cosautlán, Ver., para abrigo de los habitantes.

Lámina XXVI-A. . . Fot. 1.—Casas destruídas en los costados de la plaza de Teocelo, Ver. (Parte alta de la ciudad.)

Fot. 2.—Teocelo, Ver. Casa destruída en la calle que conduce de la estación del Ferrocarril de Jalapa a la plaza de Teocelo.

Lámina XXVII-A. . . Fot. 1.—Templo de Teocelo, Ver., y casas de sus cercanías.

Fot. 2.—Teocelo, Ver. Destrucciones al Sur del templo. En la parte derecha de la fotografía se ve el monumento a Hidalgo.

Lámina XXVIII-A. . Fot. 1.—Torre destruída del templo de Teocelo, Ver.

Fot. 2.—La torre del templo de Teocelo, Ver., vista desde el SE.

Lámina XXIX-A. . . Fot. 1.—La nave central de la iglesia de Teocelo, Ver., vista desde el altar mayor.

Fot. 2.—Nave lateral norte del templo de Teocelo, Ver.

Lámina XXX-A. . . . Fot. 1.—Nave lateral sur del templo de Teocelo, Ver.

Fot. 2.—Jalapa, Ver. Casas apuntaladas en la calle de Enríquez. En el fondo se ve la cima del Cofre de Perote.

Lámina XXXI-A. . . Fot. 1.—Aspecto de algunas construcciones en la calle de Enríquez, Jalapa, Ver.

Fot. 2.—Otro aspecto de la misma calle.

Lámina XXXII-A. . . . Fot. 1.—Aspecto de la calle de Enríquez, en Jalapa, Ver.

Fot. 2.—Aspecto de la calle de Enríquez, en Jalapa, Ver.

Lámina XXXIII-A. . Fot. 1.—Casa destruída en la 4.ª de Allende, Jalapa, Ver.

Fot. 2.—Casa destruída en la 2.ª de Leona Vicario, Jalapa, Ver.

Fot. 3.—Aspecto de la casa de la 4.ª de Allende, Jalapa, Ver.

Fot. 4.—Casas destruídas en la calle de Leona Vicario, Jalapa, Ver.

Lámina XXXIV-A. . Fot. 1.—La fachada de la catedral de Jalapa, Ver.

Fot. 2.—La iglesia del Calvario, Jalapa, Ver. (cuarteada).

Fot. 3.—Templo abandonado de "Los Corazones," Jalapa, Ver.

Lámina XXXV-A. . . Fot. 1.—Fachada de la casa situada en la esquina de la 11.ª calle de Zamora y de la calle de Alba, Jalapa, Ver.
Fot. 2.—Detalle de las destrucciones en la fachada de la casa situada en la esquina de la 11.ª calle de Zamora y de la calle de Alba, Jalapa, Ver.
Lámina XXXVI-A. . Fot. 1.—Conjunto de las destrucciones en la esquina de la 11.ª calle de Zamora y de la calle de Alba, Jalapa, Ver.
Fot. 2.—Destrucciones de las claves de los arcos de mampostería en el interior de la casa de la esquina de la 11.ª de Zamora y Alba, Jalapa, Ver.
Lámina XXXVII-A.. Fot. 1.—Detalles del interior de la casa situada en la esquina de la 11.ª de Zamora y Alba, Jalapa, Ver.
Fot. 2.—Detalles del interior de la casa situada en la esquina de la 11.ª de Zamora y Alba, Jalapa, Ver.
Lámina XXXVIII-A. Fot. 1.—Casa de la cantina "La Favorita," Jalapa, Ver. La casa está agrietada en el interior.
Fot. 2.—Casa destruída en la esquina de las calles 1.ª de Záyago y 5.ª de Clavijero, Jalapa, Ver.
Lámina XXXIX-A. . Fot. 1.—El Cofre de Perote, visto desde Jalapa, Ver.
Fot. 2.—Otra vista de El Cofre de Perote.
Lámina XL-A. . . . Fot. 1.—El Pico de Orizaba o Citlaltepetl, visto desde Paso del Macho, Ver.
Fot. 2.—El Pico de Orizaba o Citlaltepetl, visto desde Jalapa, Ver.
Lámina XLI-A. . . . . Perfiles esquemáticos del terreno entre Barranca Grande, Ver., y Patlanalá, Pue.
Lámina XLII-A. . . . . Carta que contiene las localidades de la República de donde se recibieron noticias telegráficas e informes acerca del carácter del temblor.
Lámina XLIII-A. . . . . Croquis de Cosautlán, Ver., que manifiesta las destrucciones producidas por el terremoto.
Lámina XLIV-A. . . . . Plano de la ciudad de Jalapa que demuestra las zonas de máxima destrucción y las inmunes.
Lámina I-B. . . . . Mapa sísmico correspondiente a la zona megasísmica del 3 de enero de 1920. Escala 1|400 0000. (H. Camacho.)
Lámina II-B. . . . . Perfil longitudinal del itinerario San Andrés Chalchicomula, Pue., a Jalapa, Ver. El Cañón del Huitzilapa, en Patlanalá, Pue. Corte transversal de la cañada en que se asienta Saltillo Lafragua, Pue. La falla de Ocoxochoacán, Pue. Localización del epicentro.
Lámina III-B. . . . . Gráficas que demuestran las relaciones entre las intensidades del movimiento y las dimensiones de las isosistas. Esquema que manifiesta la acción del primer impulso del terremoto sobre los sismógrafos de la Estación Central de Tacubaya. Discontinua de Credner que contiene la presentación en tiempo de las réplicas, after-shocks y temblores de "relais" que acompañaron al terremoto.
Lámina IV-B. . . . . Fot. 1.—El Pico de Orizaba, visto desde San Andrés Chalchicomula, Pue.
Fot. 2.—El Valle de Acocomotla, Totolintla. Escalón en la vertiente oriental del alineamiento orográfico "Cofre de Perote-Pico de Orizaba."
Lámina V-B. . . . . Fot. 1.—El cañón del río Huitzilapa entre Quimixtlán y Patlanalá, Pue., mostrando las huellas de la inundación de lodo que siguió al terremoto del 3 de enero.
Fot. 2.—El arroyo de Temascalapa, afluente del Huitzilapa al NE. de Chilchotla, Pue. Encajonado en altos muros basálticos.

Lámina VI-B. . . . . Fot. 1.—Cerro de Tlatlahuictepetl o Cerro Colorado, Patlanalá, Pue. "Cicatrices" producidas por los derrumbes de la montaña. Al pie la laguna de Patlanalá.

Fot. 2.—Cerro Colorado y a la derecha el Tepehícan ("atrás del cerro"). Cámara afocada al NE. Patlanalá, Pue.

Lámina VII-B. . . . . Fot. 1.—Ciudad de San Andrés Chalchicomula, Pue. Vista tomada desde el Este.

Fot. 2.—Iglesia de Guadalupe, San Andrés Chalchicomula, Pue. Fachada orientada al W. Fracturas en el costado sur de la torre sur.

Lámina VIII-B. . . . . Fot. 1.—Iglesia de Cosamaloapan, extremo oriental de la población de San Andrés Chalchicomula, Pue., Fachada al W.

Fot. 2.—Saltillo Lafragua, Pue. Población edificada en una cañada. (Cámara al W.)

Lámina IX-B. . . . . Fot. 1.—Calle de Saltillo Lafragua orientada de E. a W. y conjunto de construcciones "en retaje" que sufrieron menos que las edificadas en las laderas.

Fot. 2.—Casa del señor Rojí, en Saltillo Lafragua. Fachada al S. Esquina SW. arruinada. Interior en completa ruina.

Lámina X-B. . . . . Fot. 1.—Caída de la cornisa de la fachada de la casa del señor Rojí, al Sur. Saltillo Lafragua, Pue.

Fot. 2.—Detalle de la cornisa caída: altura, 1.50; espesor medio, 0.63; longitud 18.00 metros. Distancia del centro de gravedad del block caído al muro, 1.70. Altura del muro, 5.00 metros.

Lámina XI-B. . . . . Fot. 1.—Iglesia parroquial de Saltillo Lafragua y Colegio de Niñas. Fachada de la iglesia al W. Torre caída al NW. Pórtico del atrio caído al W.

Fot. 2.—Interior de la iglesia de Saltillo Lafragua, Pue.

Lamina XII-B. . . . . Fot. 1.—Casa de madera perfectamente conservada después del terremoto. Saltillo Lafragua, Pue.

Fot. 2.—Plaza de Chilchotla, Pue. A la derecha, ruinas de la Casa Municipal. Efectos de los derrumbes en las montañas que circundan la población. (Cámara al SW.)

Lámina XIII-B. . . . . Fot. 1.—Iglesia de Chilchotla, Pue. Fachada al W. Caída de la torre al NE.

Fot. 2.—Muro posterior de la iglesia de Chilchotla, Pue. Caída de la parte alta del ciprés al E.

Lámina XIV-B. . . . . Fot. 1.—Esquina SW. de la barda del atrio de la parroquia de Chilchotla, Pue.

Fot. 2.—Interior de la sacristía de la iglesia de Chilchotla, Pue.

Lámina XV-B. . . . . Fot. 1.—Una calle de Chilchotla, Pue., orientada de N. a S.

Fot. 2.—Puente sobre el río Huitzilapa al W. de Chilchotla, Pue., conservado en buen estado después del terremoto.

Lámina XVI-B. . . . . Fot. 1.—El valle de Patlanalá, Pue., visto desde el Oriente de la población de ese nombre.

Fot. 2.—Costado sur de la iglesia de Patlanalá, Pue. En el fondo, los derrumbes de las montañas.

Lámina XVII-B. . . . Fot. 1.—Casa Municipal de Patlanalá, Pue., y esquina NW. del atrio de la parroquia. (Cámara al W.)

Fot. 2.—Ruinas en el Costado W. de la plaza de Chilchotla, Pue. En el fondo, los derrumbes de las montañas.

Lámina XVIII-B. . . Fot. 1.—Habitación destruída en la esquina SW. de la plaza de Patlanalá, Pue.

Fot. 2.—Calle Principal de Ayahualulco, Ver. (Cámara afocada al N.)

Lámina XIX-B. . .. Fot. 1.—Grieta con desnivelamiento de los bordes en el cerro de "Enmedio," Saltillo Lafragua, Pue. — Rumbo medio E.-W.

Fot. 2.—Derrumbe del terreno blando en el cerro de "La Fundición," que descubrió el esqueleto basáltico de la montaña y provocó el alumbramiento de manantiales.

Fot. 3.—Aparición de manantiales e inundación de lodo en Chichicahuas, barrio de Chilchotla, Pue.

Lámina XX-B. . ..... Derrumbe del material blando en el cerro del Calvario, Chilchotla, Pue. Alumbramiento de las aguas subterráneas y formación de una ola de lodo.

Lámina XXI-B. . ... Fot. 1.—Caseta de madera construída en Patlanalá, que demuestra por las deformaciones que sufrió a consecuencia del terremoto, la dirección. E.-W. del movimiento.

Fot. 2.—El bajo de la falla de Ocoxochocan. (Sienita), situada al N. de Quimixtlán, Pue. Mostrando los enormes "Earth-slumps." Rumbo EW. Echado al S. Vista tomada desde la Meseta de Xaltepec.

Lámina XXII-B. . .. Fot. 1. Carta de la República conteniendo el proyecto para el establecimiento de una red sismológica.

FE DE ERRATAS

Página	Línea	Dice	Debe decir
10	7	departamento	Departamento
13	8	8,000	3,000
13	30	con	en
13	53	descubir	describir
13	58	Costepec	Coatepec
15	47	Contrasta	Contrastan
16	32	N.	E.
16	52	azul	meridional
17	62	116	16
28	3	forman	formaron
28	43	alcanzdo	alcanzado
28	60	15 kilómetros	14 metros
34	26	vértice	vórtice
41	11	1877.—3 de julio, temblor corto y fuerte, trepidatorio a las 11 h., 8 m., p. m. en Orizaba.	1878.—3 de junio, a las 11 p m. temblor fuerte y corto, trepidatorio en Orizaba.
43	35	Rosso	Rossi
53	Columna 9ª, línea 9	sisendo	siendo
61	38	63s.	03s.
62	7	primero	primera
62	7	onde	onda
70	Columna 4ª, línea 12	327.02	227.02
74	Columna 6ª	AMPLIACION	AMPLITUD
75	Columna 2ª, línea 4	4 22 0	4 22 04
77	19	(Lám. II-B, Fot. 1)	(Lám. II-B, Fig. 1)
79	5	disolución	dislocación
79	12	disolución	dislocación
80	32	(Lám. II-B, Fot. 1)	(Lám. II-B, Fig. 1)
81	7	(Lám II-B, Fot. 2, Figs. a y b.)	(Lám. II-B, Fig. 2 Figs. a y b.)
81	47	(Lám. II-B, Fot. 3)	(Lám. II-B, Fig 3)
84	32	Las casas de la línea fueron	Las casas de la línea 1 fueron
85	11	328,000	382,000
85	45	habitatnes	habitantes
90	43	diseminados en el lodo	diseminados en el lado
90	46	margen izquierda de Huitzilapa	margen izquierda del Huitzilapa
91	24	en lo sflancos	en los flancos
91	32	Esta última	Esto último
98	29	página 94 indica que	página 95 indica que
102	5	coordenadas = 19°	coordenadas $\varphi = 19°$

INSTITUTO

GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN NUM. 38

INTRODUCCION

La Red Sismológica establecida en México a fines de 1910, dejó de estar bajo la dependencia del Instituto Geológico desde 1915, y no fué sino hasta principios del año en curso que volvió a formar parte integrante de él.

Aún no se recibían oficialmente las estaciones existentes, que eran tres, cuando tras un período de calma de seis años, se efectuaron los movimientos sísmicos que alcanzaron su intensidad máxima el 3 de enero de 1920; mas, no obstante las dificultades inherentes a ese momento de transición, contando con el más liberal apoyo de la Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, organicé, sin pérdida de tiempo, comisiones que pasaron a las zonas que en los Estados de Veracruz y Puebla fueron más profundamente afectadas por los temblores.

Tres fueron esas comisiones: la primera, formada por el suscrito y los señores ingeniero don Teodoro Flores, don Federico Turban, don Rodolfo Martínez Quintero y un colector de muestras; visitó a mediados de enero, la región comprendida entre la ciudad de Jalapa y el pueblo de Patlanalá, pasando por Coatepec, Teocelo, Cosautlán y Barranca Grande.

La segunda comisión, formada por el señor ingeniero don Heriberto Camacho, el fotógrafo don David Chávez y un colector de muestras; recorrió a mediados de marzo, la zona entre San Andrés Chalchicomula y el mismo pueblo de Patlanalá, visitado por la comisión anterior, pasando por Saltillo Lafragua y Chilchotla.

Por último, el suscrito con el señor ingeniero Camacho y un practicante, recorrió ambas zonas entre Jalapa y San Andrés Chalchicomula, abarcadas por las dos anteriores comisiones, acompañando al distinguido sismólogo profesor don Emilio Oddone, quien vino a México, con el objeto de conocer la región, utilizando para ello los datos y observaciones que las dos primeras comisiones tenían colectados, los que con toda liberalidad se han puesto a su disposición y con los cuales se ha formado la Memoria a la que sirven de introducción estas líneas.

La formación de dicha Memoria obedeció, en términos generales, al programa siguiente:

1. Reseña general de la zona afectada, relacionándola con la parte de la Sierra Madre Oriental a que corresponde, y con la zona sísmica de que forma parte.
2. Geología de la zona, según observaciones de varios exploradores.
3. Movimientos sísmicos registrados y sus efectos en las poblaciones y terrenos visitados, haciendo consideraciones para precisar la importancia de las poblaciones destruídas. Estadística de las desgracias ocurridas. Fotografías.
4. Estudio instrumental. Consideraciones acerca de las ventajas que resulten para el estudio subsecuente de esta zona, con instalar nuevas estaciones sismológicas.
5. Fisiografía. Fotografías.
6. Causa de los movimientos sísmicos y posibilidad de que éstos puedan repetirse en un plazo más o menos largo.

7. Indicaciones que proceden para resguardar a los habitantes, en previsión de nuevos temblores. Posibilidad de una iniciativa para que sea obligatorio por la ley, el hacer las construcciones asísmicas; sobre todo las destinadas a edificios públicos, tales como iglesias, cuarteles, etc.

A llenar este programa han contribuído los señores ingenieros don Teodoro Flores y don Heriberto Camacho, con el estudio de la geología y la tectónica de las partes que respectivamente visitaron; el señor don Federico Turban, con una reseña fisiográfica del valle de Patlanalá; el señor don Rodolfo Martínez Quintero, con el estudio petrográfico; el señor ingeniero Camacho tomó a su cargo en unión del ingeniero don Francisco Patiño Ordaz, además, el estudio instrumental, y por último, el señor don Manuel Muñoz Lumbier, quien formó parte de la primera comisión, reconoció los edificios que en Jalapa fueron más perjudicados, localizó las zonas de máxima y mínima intensidad en la misma ciudad e instaló en el colegio de señoritas de la misma, un sismógrafo vertical Wiechert, que hemos utilizado para el registro de los choques subsecuentes, algunos de los cuales han dado útiles e interesantes indicaciones.

El fraccionamiento del estudio entre tres comisiones ha obedecido a circunstancias especiales, sea del régimen interior del Departamento, sea debidas a las condiciones en que estuvo la región con motivo de las partidas rebeldes que por ella merodearon; pero creo que el trabajo no se resentirá de falta de unidad, tanto por el decidido empeño que todas las comisiones tomaron, cuanto porque durante la última visita en la que recorrí toda la zona, adquirí una idea de conjunto, que, dicho sea de paso, no ha sido más que la confirmación de la que ya había formado desde la primera visita y que hoy, al escribir esta introducción en la misma zona epicentral, encuentro del todo ratificada.

El megasismo tuvo lugar a las 9 h., 48 m., 03 s., (tiempo local del Observatorio Astronómico de Tacubaya) el día 3 de enero de 1920. Fué de carácter impetuoso y causó numerosos desastres en los cantones de Jalapa, Coatepec, Huatusco, Córdoba, Orizaba y Jalancingo, del Estado de Veracruz, y en el Distrito de Chalchicomula del de Puebla.

A partir del 2 de noviembre de 1919 hubo temblores premonitores, y los subsecuentes, puede decirse que aún no han cesado, aunque su intensidad y su frecuencia han ido en constante disminución.

La naturaleza evidentemente tectónica de estos temblores, ha dado oportunidad para que se confirmen hipótesis que en el estudio de otros sismos análogos han formulado los especialistas del Instituto Geológico; pero hay una parte del fenómeno, que asumió singular importancia, por ser la primera vez que en México se observa y por sus efectos destructores. Me refiero a las formidables corrientes de lodo que minutos, o quizá, segundos después de la sacudida, se precipitaron con tremenda velocidad en forma intermitente, por el cauce del río Huitzilapa o Pescados y varios de sus afluentes, arrasando cuanto encontraron a su paso y produciendo mayor número de víctimas que el temblor, no obstante que éste echó por tierra numerosas casas y dejó en condiciones de inhabitabilidad otras muchas.

Acerca de la naturaleza y origen de ese alud, me pareció, desde el momento en que conocí la región, que fueron los derrumbes de zonas falladas o poco consistentes en las alturas de las montañas los que, cayendo en estado de extrema división, y aún triturados, al cauce de los ríos y en algún caso, a la cuenca de ciénagas que se vaciaron—aunque esto último no hemos podido comprobarlo—, produjeron ese fenómeno puramente mecánico que la aturdida imaginación de los vecinos supuso que fueran corrientes de lava. Las masas que de las partes altas se desprendían de vez en cuando, pero sobre todo, cada vez que temblaba, levantaban al rodar imponentemente por los declives de la montaña, espesas nubes de polvo que la fantasía y el terror de los pobladores consideró como humos o gases que brotaban del seno de la tierra.

Me imagino la enorme cantidad de rocas casi pulverizadas que el megasismo haya derrumbado, porque presencié los efectos de los temblores subsecuentes que, de mucha menor intensidad sin duda alguna, fueron seguidos sin

embargo, por copiosos aludes que con el imponente rodar y entrechocar de sus elementos rocallosos, interrumpían con pavorosos y prolongados ruidos el solemne silencio de la montaña.

Una cubicación aproximada del más pequeño de estos derrumbes, que se encuentra en las inmediaciones de Chilchotla, arroja un mínimum de 150,000 metros cúbicos, y hay otro alud, entre Chilchotla y Patlanalá, que es sin duda, el más copioso de todos, que muestra proporciones estupendas y que debe haber producido millones de metros cúbicos.

En el curso de la Memoria se estudia y resuelve el caso del aportamiento de agua indispensable para que tales avalanchas de lodo, después de socavar la base de los cerros, sepultar poblados y destruir sementeras, hayan llegado al río cuyo cauce llenaron por entero, prosiguiendo su pavorosa obra de destrucción.

La prensa de información exageró los daños causados por estos temblores, introduciendo alarma en todo el país, que trascendió al extranjero; pero sobre todo, propaló conceptos que indujeron al público a formar idea errónea acerca de la naturaleza verdadera del fenómeno, pues en ediciones extraordinarias, anunció erupciones, corrientes de lava, emisiones de llamas y de gases, aseguró que un volcán había surgido, localizándolo primero, en las cercanías de Jalapa y después, entre los ranchos de Jacal y Tlacotiopan, en las faldas del Pico de Orizaba; más tarde en los alrededores de San Miguel Huazcaleca y por último, en las cercanías del pueblo de San Nicolás; y aun llegó a decirse que el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote, estaban en actividad, todo lo cual es inexacto y fué seguramente, fruto de una información deficiente y un inmoderado afán de sensacionalismo.

Completaré esta introducción citando los temblores de tierra que de 1907 en adelante se han registrado y estudiado en México: el de abril de 1907 cuyo epicentro se localizó en las inmediaciones de Acapulco y que conmovió gran parte de los Estados de Guerrero y Oaxaca; los del 30 y 31 de julio de 1909, procedentes de un foco cercano al mismo puerto; el del 7 de junio de 1911, que tuvo lugar el día en el que el ciudadano Francisco I. Madero entró a la capital como caudillo de la revolución triunfante. Fué ese temblor de gran intensidad, causó víctimas y destrucciones en la ciudad de México y en los Estados de Jalisco y Colima. Siguió después el enjambre de temblores de Guadalajara, iniciados el 8 de mayo de 1912 y que persistieron durante unos seis meses; por último, los movimientos de la zona de Acambay-Tixmadeje en el Estado de México, el 19 de noviembre de 1912, que, por su naturaleza, son los que mayor afinidad tienen con los de enero de 1920.

Me es grato hacer constar que las comisiones exploradoras no se limitaron al estudio de los efectos geológicos de los sismos, sino que dieron luces a las autoridades, a los particulares y aún a los ingenieros encargados de la reconstrucción de los pueblos, acerca de las condiciones a que deben satisfacer las construcciones asísmicas, condiciones que estaban lejos de llenar los edificios construídos, muchos de los cuales adolecían de graves defectos de construcción, caso muy general en nuestras poblaciones de segundo y tercer orden y, con más razón, en las de menor importancia. El Departamento a mi cargo publicó y repartió profusamente, con la oportunidad debida, su folleto de divulgación número 4, que fué una segunda edición de lo que ya años antes tenía publicado el Instituto Geológico acerca de los procedimientos más recomendables para construir en los países donde tiembla frecuentemente; folleto que fué de positiva utilidad y sirvió de guía a las personas a cuyo cargo estuvo la reedificación.

Estas instrucciones han sido reiteradas por el Instituto cada vez que ha habido fuertes temblores. Así por ejemplo, con motivo del temblor del 14 de abril de 1907, se estudiaron las defectuosas construcciones que se estilan en el Estado de Guerrero y se publicó un informe condensado sobre edificios de madera a prueba de temblores. Cuando los temblores de 30 y 31 de julio de 1909, se expusieron las reglas a que deben sujetarse las construcciones asísmicas, ocupándose especialmente de la elección del terreno, etc. Cuando el temblor de Acambay, del 19 de noviembre de 1912, se analizaron las condicio-

nes de las construcciones existentes en aquella región; y por último, en el estudio de los temblores de Guadalajara, se publicó una nota bibliográfica de las mejores obras que tratan del arte de construir en los países en que tiembla.

Varios vecinos pensaron en cambiar la ubicación de los pueblos, pero, en rigor, nada hay en el orden científico, que pudiera autorizar tales cambios.

La localización de los pueblos destruídos fué bien elegida desde el punto de vista en que probablemente se colocaron sus fundadores, pues satisface a requisitos de belleza, ventilación, proximidad a caminos, agua potable, etc., y nada en verdad hubiera podido haber hecho suponer a los primeros pobladores, que el lugar escogido para su morada fuera mejor o peor, desde el punto de vista sísmico, que cualquier otro sitio de la región.

Hay, sin embargo, una excepción, y es el pueblo de Saltillo Lafragua, el cual, por las condiciones topográficas del terreno que ocupa, y que se pormenorizan en la Memoria, conviene que sea mudado de sitio, como con muy buen acuerdo han decidido hacerlo los progresistas vecinos, quienes han adquirido un extenso terreno en el que desde luego van a empezar a levantar una población de tipo moderno, ajustada a los preceptos del arte de construir en regiones eminentemente sísmicas.

Saltillo Lafragua, 1.° de abril de 1920.

L. Salazar Salinas.

PRIMERA PARTE

El año de 1920 se inauguró, en la historia sísmica de la República Mexicana, con un fuerte temblor que sacudió intensamente una parte del territorio del Estado de Veracruz y una pequeña porción del Estado de Puebla, limítrofe por el Oriente con el mencionado Estado de Veracruz.

La comisión designada para estudiar este fenómeno fué presidida por el señor director del Instituto Geológico. Se trasladó a mediados de enero al Estado de Veracruz y visitó varias de las localidades más afectadas por el temblor, estudiando la propagación, dirección e intensidad del movimiento sísmico, sus efectos geológicos sobre el terreno, sus efectos destructores, los fenómenos que le precedieron o acompañaron, la extensión de su área epicentral y macrosísmica, y la geología y estructura de la región más intensamente conmovida, para tratar de investigar la causa probable que lo originó.

Entre los fenómenos geológicos que acompañaron a este temblor, son dignos de notarse, por muchos conceptos, los resbalamientos de los terrenos sueltos existentes en las laderas de los cerros y las corrientes de lodo, que bajo la forma de grandes aludes, recorrieron las pendientes fuertes del terreno y los lechos de los ríos, arrasando por completo, muchas de las pequeñas poblaciones situadas en esas laderas o en las riberas del río Huitzilapa o Pescados. Estas avenidas de lodo, que se produjeron casi simultáneamente con el movimiento sísmico, causaron en algunas poblaciones la mayor parte de las víctimas y cubrieron por completo su caserío.

Aunque estos fenómenos se han presentado ya y han sido estudiados en algunos otros temblores extranjeros de fama mundial, como fueron los de Río Bamba (Perú) el 4 de febrero de 1777 y el de Assam del 12 de junio de 1897, Mont-Blanc del 13 de agosto de 1905 y algunos otros, en México es la primera vez que se registran con tal intensidad y constituyeron una de las características principales de este gran temblor. Así, por ejemplo, en Patlanalá, una de las localidades más intensamente sacudidas por este megasismo, las pérdidas de vidas causadas por la caída de las casas fueron apenas tres, en tanto que las congregaciones de Rincón Petlacuacán y Acuatlatipa, que contaban en conjunto con cerca de 300 habitantes, y que estaban situadas en las laderas de los cerros, desaparecieron por completo, habiendo quedado su caserío totalmente cubierto de lodo. Lo mismo sucedió con la floreciente congregación de Barranca Grande situada en la ribera izquierda del río de Los Pescados que contaba con unos 400 habitantes, de los cuales sólo quedaron con vida cerca de 80, habiendo perecido los demás ahogados por el lodo.

La reconstrucción de los pueblos destruídos se iniciaba en la época de nuestra visita, con bastante actividad; y es de desearse que las autoridades y ediles de las poblaciones destruídas se preocupen por construir en esta zona de gran sismicidad, de una manera apropiada para resistir los temblores que seguramente volverán a producirse con más o menos intensidad en lo futuro, en esta zona que por su historia sísmica, por su situación topográfica, que corresponde a la parte más fragosa de la Sierra Madre Oriental y por su geotectónica, debe considerarse como una zona sísmica del país, perfectamente caracterizada Se hace esto tanto más necesario cuanto que la referida zona, se encuentra bastante poblada por ciudades de importancia contenidas dentro de su territorio, así como villas, pueblos, congregaciones y rancherías

prósperas por su agricultura, y sobre todo, por la imposibilidad que hay de prever los temblores en el estado actual de la ciencia, quedando tan sólo el recurso de prepararse a recibirlos, edificando poblaciones en lugares topográfica y geológicamente bien elegidos y con construcciones verdaderamente asísmicas. Con respecto a las reglas que hay que aplicar para esta clase de construcciones, decíamos en el folleto de divulgación recientemente publicado por este departamento (número 4.—Enero de 1920), lo siguiente: "la elección del lugar en el cual va a levantarse una construcción es el primer punto que debe preocupar al constructor, pues de la naturaleza del suelo y subsuelo del lugar elegido, de su situación topográfica, de su cercanía o lejanía a ciertos accidentes geológicos, dependerán en gran parte, los efectos destructores de un temblor. La experiencia ha demostrado, que a igualdad de condiciones, los suelos poco coherentes, son más peligrosos, que los suelos duros y compactos; debe preferirse, por lo tanto, construir sobre terrenos macizos, pues establecen de hecho una solución de continuidad en la resistencia del terreno y para establecer esta continuidad, deben levantarse los cimientos, siempre que sea posible, sobre roca maciza. El peligro puede disminuir y aún desaparecer, si el espesor del terreno suelto es muy considerable y de constitución uniforme, como sucede en algunos valles formados por antiguos acarreos."

"La situación topográfica es otra cosa que debe tener presente el constructor: evitará construir sobre pendientes más o menos fuertes, sobre todo, si se encuentran cubiertas por materiales heterogéneos, pues entonces se efectúan fácilmente resbalamientos, como sucedió el 28 de octubre de 1891 en el Japón Central. Debe evitarse también construir cerca de los bordes de las cañadas, acantilados, ríos, canales, etc.; pues esos lugares son muy favorables para la producción de grietas que se forman con frecuencia en series paralelas y provocan derrumbes de más o menos consideración. Entre los accidentes geológicos que debe evitar el constructor, mencionaremos especialmente las líneas de contacto de formaciones diferentes y ciertos accidentes tectónicos, como son las fallas, fracturas, etc.; las líneas de contacto de formaciones diferentes constituyen en un terreno líneas de menor resistencia, según las cuales tienden a separarse estas formaciones durante un temblor; las fallas son accidentes peligrosos porque a lo largo de ellas se efectúan con mayor energía los movimientos sísmicos y a la presencia de dos líneas de dislocación de esta naturaleza se debió la catástrofe de San Francisco California del 18 de abril de 1908, habiéndose comprobado entonces que las zonas de destrucción se acentuaron a lo largo de estas líneas."

Tratándose de construcciones importantes como son, por ejemplo, los templos de las poblaciones, recomendábamos en dicho folleto, entre otros sistemas, el de construcciones de cemento armado y decíamos a este propósito: "En efecto, el ideal de la perfección de un país agitado por movimientos sísmicos, sería una construcción en la cual los materiales y el mortero que los une fueran bastante adherentes entre sí para formar unidos una especie de monolito, ideal que resuelve el cemento armado; y para construcciones importantes sería de preferirse a cualquiera otro sistema de construcción." Y en el resúmen de dicho folleto decíamos que en la construcción de los edificios deben aplicarse dos principios generales: o dar una rigidez extrema a las construcciones (edificios con esqueleto de acero o de cemento armado) o bien darles suficiente flexibilidad y ligereza, ésta última sobre todo, en su parte superior.

La zona más interesante sacudida por este temblor se encuentra localizada en la parte de la Sierra Madre Oriental que forma el límite de la gran altiplanicie mexicana conocida con el nombre de Mesa Central, precisamente en el tramo en que la dirección de esta Sierra Madre cambia, entre el volcán de Orizaba y el Cofre de Perote. En este tramo, la Sierra desvía su dirección, que siendo sensiblemente paralela a la costa del Golfo, toma allí una dirección casi de Norte a Sur. Hemos dicho ya que esta zona es conocida como típicamente sísmica y se verá en el curso de la exposición de este informe, que han tenido lugar en ella o en sus contornos, desde hace mucho tiempo, frecuentes y numerosos temblores.

En cuanto a la propagación del temblor, debemos hacer notar que tuvo lugar preferentemente según una línea orientada 55° NE.—SW., (rumbo magnético) y es según esta dirección donde el sacudimiento alcanzó su máximo de intensidad y donde se acentuaron más las destrucciones. Esta línea coincide con una antigua zona fracturada que puede referirse a un sistema de fallas en actual evolución.

Pasamos a hacer en seguida una breve reseña fisiográfica y geológica de la región más intensamente sacudida por este sismo, para ocuparnos después del estudio geológico y físico del mismo fenómeno.

I

Reseña fisiográfica

La Sierra Madre Oriental, en gran parte de su recorrido, sirve de límite geográfico al Estado de Veracruz con los Estados de Oaxaca, Puebla, Hidalgo y San Luis Potosí, pertenecientes estos tres últimos, casi en la totalidad de su territorio, a la provincia fisiográfica de la Mesa Central. Puede decirse que la mayor parte de la extensión del Estado de Veracruz está comprendida en la vertiente del Golfo de México y en ella se encuentran contenidas las cuencas de los ríos principales de dicho Estado, entre los que pueden citarse los de Pánuco, Tuxpan, Tecolutla, Nautla, Misantla, Pescados, Jamapa, Cotaxtla, Río Blanco, Papaloápam (con su afluente Tesechoacan), Chacalapa, Coatzacoalcos, Coachapan, Uzpanapa y Tonalá. De estas cuencas son importantes para el estudio del temblor del 3 de enero, las de los ríos Pescados y Jamapa a las que más adelante tendremos ocasión de referirnos especialmente, por estar, parte de dichas cuencas, comprendidas dentro de su área pleistocística. El trabajo enérgico de erosión efectuado por algunas de estas corrientes, combinado con la intensa tectónica de que ha sido teatro esta porción del país, imprimen al terreno un carácter sumamente accidentado; por todas partes se ven crestas cortadas a pico, abruptos acantilados, fuertes pendientes, hondonadas y desnivelaciones del terreno, que dan lugar a fosas tectónicas, y numerosas cascadas, accidentes todos, que hacen difíciles las comunicaciones entre los pintorescos pueblecillos que tuvimos ocasión de visitar, muchos de los cuales están enclavados en lo más fragoso de aquella importante cordillera. Contribuyen también a la constitución del relieve topográfico de esa comarca, las formaciones volcánicas que se presentan con frecuencia en ella, bien como conos volcánicos o como mesas y corrientes. Entre los conos volcánicos, sobresale por su belleza el gigantesco Pico de Orizaba (fotografías 1.A y 2.A), que se destaca majestuoso con su resplandeciente blancura en el diáfano azul de nuestro cielo mexicano.

Entre las mesas es notable el Nauhcampatépetl o Cofre de Perote, llamado así por la gran semejanza que con una caja o cofre tiene la corriente de andesita de hyperstena que corona su cima. El señor ingeniero E. Ordóñez, quien tuvo oportunidad de estudiar especialmente esta montaña, que forma la extremidad septentrional de la porción de la Sierra Madre Oriental, comprendida entre ella y el Pico de Orizaba, dice (1), refiriéndose a la fisiografía de esta parte de la Sierra Madre:

"Forma esta parte de la Sierra el límite Oriental de la Mesa Central, en poco más de medio grado de latitud o sea en una longitud de cerca de 70 kilómetros; de esta situación resulta naturalmente un aspecto físico diferente de sus dos flancos: del lado Occidental, es decir, sobre la Mesa, la Sierra se levanta bruscamente de una llanura elevada próximamente a 2,400 metros sobre el mar, muy extensa, erizada de montañas volcánicas, de pequeños cráteres y también de restos de una formación sedimentaria cretácica que constituye cerros bastante elevados; del lado oriental, las pendientes de la Sierra bajan, ya abruptas, ya con inclinaciones moderadas, hasta niveles de 1,000

(1) El Nauhcampatépetl ó Cofre de Perote, Bol. Soc. Geol. Mex. 1904-(1905) p. 151 a 168, 4 láms.

metros sobre el nivel del mar; o bien como contrafuertes muy sinuosos, que van a morir hasta las llanuras de la costa."

"Simple en su constitución la Sierra en la vertiente de la Mesa Central, en donde su propio material ha contribuído en mucho a la elevación progresiva de la llanura inmediata, es de estructura más variada en la vertiente opuesta, que teniendo un descenso mucho mayor permite ver las rocas que constituyen el sub-basamento, pudiendo apreciarse ahí el importante papel que han jugado las fuerzas tectónicas, rivalizando en grandeza con los fenómenos volcánicos."

Y en otro lugar, al describir el Cofre de Perote, se expresa así: "Aunque su cima se alarga en la forma de una cresta, la figura general del cerro del lado Occidental, es la de un cono irregular muy oblicuo, surcado de barrancas no muy profundas y erizado de partes salientes poco prominentes, de tal modo que más bien aparece como parte de una de esas sierras monógenas eruptivas, que son tan características en el Sur de la Mesa Central, que como uno de aquellos volcanes, cuya forma y altura depende de una larga serie de acontecimientos de una actividad largo tiempo manifiesta."

Hemos querido transcribir aquí esta descripción, por la verdad e interés que encierra y porque da una idea completa del aspecto fisiográfico de esta porción de la zona sacudida por el megasismo.

La extremidad meridional del referido tramo de la Sierra Madre Oriental, está constituída, como ya dijimos, por el Pico de Orizaba, volcán al que A. Heilprin hizo una ascensión en la que determinó su altura absoluta; y según esa determinación resultó ser una de las montañas más altas de Norteamérica y que es en realidad la más elevada de la República Mexicana, pues, tiene 5,675 metros sobre el nivel del mar, que sobrepasa a la de nuestros otros grandes volcanes (1).

En un trabajo sobre el Volcán de Orizaba, publicado en el Tomo VII del Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, el señor doctor Paul Waitz (2) considera esta montaña volcánica como un cono estratificado de 30° de pendiente aproximada en sus flancos, cubierto en su mayor parte de nieve perpetua y construído sobre un zoclo de declive más suave; este zoclo está formado por diferentes productos volcánicos pertenecientes al macizo de la Sierra Negra, el cual, según Waitz, es más antiguo que el cono del Orizaba, siendo la Sierra Negra parte de un volcán estratificado, apagado por completo desde hace mucho tiempo y destruído en grande escala por la erosión. En la falda SE. del volcán existen las formaciones llamadas Los Crestones y La Torrecilla, cuya existencia explica Dannenberg comparándolas con una especie de Somma, es decir, la considera como restos de un volcán antiguo en cuyo cráter se levanta el cono moderno del volcán de Orizaba. El Dr. Waitz no admite esta explicación, sino que considera esas formaciones como restos del cono mismo del Volcán de Orizaba y dice que éste fué en tiempos pasados más alto y más grande, habiendo perdido por erosión gran parte de su contorno, quedando estas formaciones como "testigos" de las capas sedimentarias de dicho cono, cuyo material está constituído por brechas volcánicas, conglomerados, bombas y corrientes de andesita; ésta es una andesita porfírica de amphíbola con hyperstena. Waitz establece dos formaciones diferentes: la de Los Crestones, Torrecillas y Loma que se continúa al SE. y los Crestones del Cerro Colorado al SW., que constituyen un tipo; y las corrientes modernas de lava en block que constituyen otro tipo.

La porción NE. de la Sierra Madre Oriental comprendida entre las poblaciones de Patlanalá, Chilchotla y Atotonilco, que afecta una forma triangular, fué la región más sacudida por el temblor del 3 de enero de 1920; y hemos localizado en ella el área epicentral, en vista de la magnitud de los fenómenos geológicos observados en esa zona y de los efectos destructores de

(1) El Popocatépetl tiene una altura absoluta de 5,450 metros; el Iztaccíhuatl de 5,280 metros, y el Nevado de Toluca de 4,565 metros. Se dice que el Pico de Orizaba es visible desde el mar por buques que navegan dentro de un radio de 262 kilómetros alrededor de la cima de este elevado volcán.

(2) Observaciones geológicas acerca del Pico de Orizaba. Bol. Soc. Geol. Mex. VII (1910) p. 67–76.

las ondas sísmicas, causados allí, que fué indudablemente donde alcanzaron su máxima intensidad.

Se encuentra situada esta región en la arista de la Sierra Madre comprendida entre el Pico de Orizaba y El Cofre de Perote, arista que atraviesa en parte el territorio del Estado de Puebla, y que al seguir hacia el Norte penetra de nuevo al Estado de Veracruz por el rancho de la Providencia del Cantón de Jalacingo, sigue por el cantón de Coatepec, en donde la sierra es bastante fragosa, presentando alturas que se elevan a más de 8,000 metros sobre el nivel del mar; continúa hacia el Norte, desprendiéndose de ella, más adelante, ramales hacia el Oriente que constituyen las sierras de Chiconcuac y de La Magdalena, situada esta última en territorio del cantón de Jalapa. En este cantón se encuentran numerosos volcanes extinguidos, entre los cuales merece citarse El Volcancillo, que se encuentra al Sur de la estación de Las Vigas del Ferrocarril Interoceánico; La Hoya, situado también cerca de esa estación; y el cono basáltico de Macuiltepetl, en cuya falda meridional se asienta la importante población de Jalapa. (Lám. III-A.).

En el cantón de Jalacingo, la sierra adquiere alturas considerables como es la del Cofre de Perote que alcanza 4,282 metros. Esta elevada montaña se destaca claramente en el horizonte; vista desde Jalapa, Teocelo, Cosautlán y demás poblaciones situadas al E. y SE. de su cima, aparece como una gran mole coronada por la roca cuadrangular a que debe su nombre, en la cual podían notarse en la época de nuestra visita, derrumbes de poca consideración causados por el terremoto.

Esta montaña no alcanza como el Pico de Orizaba el nivel de las nieves perpetuas, sin embargo, tuvimos oportunidad de ver su cima cubierta de nieve por unos días, debido a las fuertes heladas que se registraron en esta región a principios del mes de enero.

Es en la vertiente oriental de esta arista de la Sierra Madre Oriental en donde se originan las cuencas de los ríos de Los Pescados y Jamapa. El primero nace con el nombre de Huitzilapa al Este del cerro de Toluca, con los valles de Texcalango y Acocomotla, pasa por Chilchotla, sigue su curso al Este pasando al Norte de Quimixtlán, después de una inflexión hacia el NE. pasa al Sur de Patlanalá, tocando después las congregaciones de Barranca Grande, Amatitla, Junta Chica y los pueblos de Jacomulco, Apasapa, Pueblo Viejo y Puente Nacional hasta San Francisco La Peña, donde es cortado por el Ferrocarril Interoceánico. Desde aquí hasta su desembocadura en el Golfo de México, toma el nombre de Río de la Antigua. Los principales afluentes de este río por su margen izquierda son los conocidos con los nombres de Ixhuacán, Río Grande y Chilontla, y por su margen derecha los de Chichiquila, San Juan, Santa María y Paso de Ovejas.

El Jamapa, llamado también Río de Medellín, tiene un curso de cerca de 150 kilómetros y riega terrenos de los cantones de Coscomatepec, Huatusco y Córdoba. Este río se origina en la falda septentrional del Pico de Orizaba y siguiendo una dirección general de Poniente a Oriente, pasa sucesivamente por las siguientes poblaciones: Atotonilco, Calcahualco, Palapa, Tepatlaxco, Palo Gacho y por las rancherías de Maroma, Marón, El Cuarto y Pajarito hasta Soledad Doblado, en donde lo atraviesa el Ferrocarril Mexicano. Sigue después por Jamapa, Medellín y Boca del Río, lugar de su desembocadura en el Golfo de México. Recibe este río como principales afluentes por su margen izquierda: el río Tigre, Chavaxtla y Jobo, y por su margen derecha el importante río de Cotaxtla, que se le une a inmediaciones de Medellín.

En las cuencas hidrográficas de estos dos grandes ríos (Los Pescados y Jamapa) cuyo curso se acaba de descubrir a grandes rasgos, es donde se encuentran situadas las poblaciones que fueron más fuertemente sacudidas por el temblor del 3 de enero de 1920.

En la cuenca del Río Huitzilapa o de Los Pescados, se encuentran las poblaciones de Chilchotla, Quimixtlán, Patlanalá, Ixhuacán, Cosautlán, Ayahualulco, Teocelo, Costepec y Jalapa, que sufrieron mucho por los efectos destructores de ese megasismo; y en la del río Jamapa, las de Atotonilco, Chichiquila, Alpatlahua y Huatusco, que también sufrieron bastante.

Los valles y barrancas que se forman entre los contrafuertes de la Sierra

Madre, son por lo general, sumamente fértiles y pintorescos, tales son, por ejemplo, los que se ven cuando se viaja por el Ferrocarril Mexicano, el que por su atrevido trazo, permite contemplar estos valles y barrancas desde alturas muy considerables. Entre los primeros son dignos de mención por su belleza e importancia los siguientes: Maltrata, situado a 1,765 metros sobre el nivel del mar; Acultzingo, a 1,734 metros; Orizaba, 1,275 metros; Córdoba, a 925 metros, y el de San Andrés Tuxtla en la Sierra de los Tuxtla, a 360 metros; estos valles son muy conocidos por su importancia y extensión y por contar con vías de comunicación; pero existen otros que aunque menos extensos y poco conocidos, son también muy hermosos y sobre todo muy interesantes desde el punto de vista de su génesis, como es el de Patlanalá que describiremos después con algún detalle y el cual tuvimos oportunidad de visitar, por encontrarse dentro de la zona más conmovida por el terremoto. Las barrancas que atraviesan el territorio del Estado de Veracruz son muy numerosas y mencionaremos aquí solamente las más notables de las que se interponen entre las cuencas de los dos ríos antes descritos: la de Metlac que se origina entre las vertientes meridionales del Pico de Orizaba y da su nombre al río que corre en su fondo; esta gran barranca que mide en su parte más ancha 300 metros y que tiene una profundidad de 115 metros, sirve de límite geográfico a los cantones de Orizaba y Córdoba y separa entre sí a las Mesetas del Fortín y El Sumidero, siendo salvada por la vía del Ferrocarril Mexicano por un puente de acero en curva que tiene 127 metros de longitud y 28 metros de altura sobre el lecho del río. Otra barranca muy notable es la de Santa María Tatetla, de pendientes escarpadas y de 280 metros de profundidad, en los alrededores del pueblo de Santa María; existen en esta región del Estado las de Moyoatempan, Altotoco, Xoxocotla, Soledad, Río Blanco, Río Seco, Tlamatoca, Panoaya, y otras de menor importancia, muchas de las cuales llevan agua durante el año y constituyen ríos más o menos caudalosos. Existe además un grupo de barrancas muy repetidas, casi paralelas, que tienen una dirección NW.—SE. y que nacen en la falda oriental del Cofre de Perote.

Puede decirse que casi todas las corrientes de agua que recorren el Estado de Veracruz pertenecen a la cuenca del Golfo de México. La mayor parte del Estado coincide con la vertiente oriental de la Sierra Madre, siendo el relieve del terreno accidentado en su parte alta y plano solamente en una faja costera que llega a tener hasta 100 kilómetros de anchura. En la porción de esta llanura costera comprendida entre los ríos Tamesí por el Norte y Tecolutla por el Sur, se localizan los yacimientos petrolíferos pertenecientes a los cantones de Ozuluama, Tantoyuca, Tuxpan y Papantla, siendo de notar que esta zona nada sufrió con el temblor. La producción de los pozos petroleros no se modificó.

Las únicas porciones del territorio del Estado que no pertenecen a la vertiente del Golfo, son: la llanura de Perote (2,645 metros) y la región de Huayacocotla (2,160 metros), que forman parte de la Mesa Central, pero que son fracciones de muy reducida extensión en relación con la superficie del Estado de Veracruz.

Hemos llamado la atención sobre la accidentada topografía de las partes elevadas del suelo veracruzano, en el que existen abruptos acantilados, fuertes pendientes y desnivelaciones del terreno; a estas últimas se debe la formación de caídas y cascadas en el curso de los ríos, algunas de las cuales han sido utilizadas para la generación de fuerza eléctrica. Mencionaremos los saltos de Rincón Grande, Barrio Nuevo, Eyipantla, Tenexamapa, las cascadas de Naulinco y Texolo y otras de menor importancia. El salto de Rincón Grande se forma en el río de Soledad al tributar sus aguas al río Blanco; el de Barrio Nuevo sobre el mismo río, tiene una altura de 34 metros y se encuentra al Sur del barrio de ese nombre en Orizaba; el de Eyipantla se forma en el río Totoltepec o Comoapa que sale del lago de Catemaco; el de Tenexamapa se forma en el río Capulapa afluente del Jamapa en el cantón de Huatusco. La cascada de Naulinco en el río Esquilón y la de Texolo que se encuentra cerca de Teocelo sobre el río Xoloapan, afluente del río Grande; esta última ha sido aprovechada para una planta hidroeléctri-

ca que abastece de luz y fuerza a la ciudad de Jalapa y a las poblaciones de Coatepec, Teocelo y Xico.

Además de los saltos y cascadas que tan numerosos son en el Estado de Veracruz, existen depósitos de agua que forman lagos o lagunas que ocupan el fondo de los valles elevados, siendo algunos de éstos de orígen tectónico o bien son depósitos lacustres cerca del litoral. Entre los lagos interiores es de alguna extensión el ya citado de Catemaco en el cantón de los Tuxtla y que tiene una longitud de 12 kilómetros y una anchura de 9; en este mismo cantón se encuentran los lagos del Marqués, La Encantada y algunos otros de menor importancia. Entre las lagunas litorales es notable la bien conocida de Tamiahua, situada al Sureste del puerto de Tampico, que mide 96 kilómetros de largo por 22 en su mayor anchura y 10 metros de profundidad en su parte oriental; son también dignas de mención la de Pueblo Viejo que se comunica con el río Pánuco y las de Chairel, Palmas, Mandinga, Camaronera, Alvarado, Tequiapa, Sontecomapa, y Ostión. Durante nuestra excursión tuvimos oportunidad de conocer la pequeña laguna de Patlanalá que ocupa el fondo de la fosa tectónica que ha formado el valle de ese nombre.

El Estado de Veracruz es una de las entidades de la República más favorecida desde el punto de vista de sus condiciones de irrigación natural, pues como hemos visto, sus ríos son caudalosos y tienen amplias cuencas hidrográficas bien alimentadas por las constantes precipitaciones pluviales que tienen lugar en la mayor parte del Estado durante casi todo el año. Esta circunstancia, unida al clima tropical de la parte baja y templado de la alta, hace que las tierras sean sumamente fértiles y productivas y que la agricultura sea la principal riqueza.

Existen además, numerosos manantiales, la mayor parte de ellos son de aguas frías y aparecen en las faldas de las montañas o en el fondo de los valles, donde alimentan lagunas o ciénagas de alguna extensión.

Contrayéndonos especialmente a la zona visitada, diremos, dado el objeto de nuestro estudio que, ésta fué la más conmovida por el terremoto del 3 de enero y que los itinerarios que seguimos cruzaron la zona mencionada; éstos nos llevaron de Jalapa a Teocelo, de Teocelo a Cosautlán, de Cosautlán a Barranca Grande, después a Camuxapa y a Patlanalá. Los dos primeros citados cortan transversalmente el curso de los ríos que con dirección general de NW. a SE. se desprenden de las faldas orientales y meridionales del Nauhcampatépetl y que son: el río Sordo que riega los alrededores de Jalapa, los ríos de Pixquiac, Zocoyolapan, Chuchiapa, Huehueyapan, Metlacalapa, Texlacalapan, Atoyac, río Frío y Chilontla, que irrigan los terrenos de Coatepec, Xico y Teocelo, siendo algunos de ellos afluentes del río de Los Pescados. Los demás itinerarios siguieron la cuenca del río citado, que es de mucha importancia y cuyo curso hemos descrito a grandes rasgos.

La región que atravesamos pertenece a la vertiente oriental de la Sierra Madre, donde aparecen las rocas sedimentarias emergidas de los mares cretácicos, como capas plegadas, dobladas, torcidas o fracturadas, y que muestran claramente los efectos de la dinámica interna, cuyas fuerzas fueron seguramente de grande intensidad en esta parte del país.

Contrasta notablemente estas pendientes orientales de la Sierra Madre por su diversificación fisiográfica y la exuberante vegetación que las cubre con las pendientes opuestas del W. y las llanuras de la Mesa Central, que son áridas, monótonas y de clima frío; en tanto que aquéllas, de clima cálido o templado y con una humedad atmosférica constante, mantienen su vegetación y en ellas se provoca por intemperismo una alteración muy profunda de las rocas constituyentes.

En las vertientes orientales de la sierra, atravesadas por el itinerario Jalapa-Teocelo, existen ríos y barrancas que ya hemos mencionado; pero estas últimas no son tan profundas como las que se encuentran al NW. de Jalapa, pues mientras éstas forman verdaderos abismos de más de mil metros de profundidad y algunos kilómetros de anchura, aquellas que recorrimos según el itinerario mencionado dan al terreno un carácter más uniforme y menos grandioso, aunque siempre ocupado por numerosos conos volcánicos, especialmente en los alrededores de la Orduña, Xico y Teocelo.

La ciudad de Jalapa se encuentra situada a 1,427 metros sobre el nivel del mar en la falda meridional del cono basáltico del Macuiltepetl. El camino que va de Teocelo (1,218 metros) a Cosautlán (1,230 metros) corta tres barrancas que no son muy profundas pero sí de importancia, sobre todo la tercera, llamada Barranca Grande; las dos primeras se cortan antes de llegar a la ranchería de Baxtla y la última antes del paraje del Naranjal o Naranjales, situado en las goteras de Cosautlán. Desde este paraje se percibe la parte alta del caserío de Cosautlán que ocupa una especie de cúpula natural (Lám. IV.A Fot. 1). La parte alta de esta cúpula corresponde a la plaza principal de la población y en su costado E. estaba un templo bien construído, que fué completamente arruinado por el temblor (Lám. IV-A. Fot. 2). Hacia el SW. de Cosautlán se destaca la Sierra de Ocotene, cuyas faldas septentrional y meridional son bordeadas respectivamente por los cañones de los ríos de Los Pescados y Chichiquila; esta sierra es bastante alta y está formada por los sedimentos mesozoicos levantados, que constituyen muchas de las sierras altas de esta región. En la Sierra de Ocotene se han producido fracturas y resbalamientos que dan idea de la intensidad de las fuerzas orogénicas que han obrado en nuestra Sierra Madre Oriental. En la margen derecha del río de Los Pescados la Sierra de Ocotone presenta un colosal acantilado que corresponde a una fractura con resbalamiento; esta fractura provocó la caída de una porción de la montaña sobre el antiguo lecho del río de los Pescados, que al ser obstruído desvió su lecho y se abrió paso por la misma fractura, que actualmente constituye el lecho del río; la parte caída es el cerro de Los Platos (Lám. V-A. Fot. 1), en la cima del cual existe un pequeño monumento con una cruz. Estos accidentes tectónicos que son frecuentes en la región se presentan con sorprendente claridad y no parecen remontarse a épocas muy remotas, geológicamente hablando.

El curso del río de Los Pescados en su parte comprendida entre Barranca Grande y Patlanalá, conserva un curso medio de SW. a NE.

En líneas anteriores nos hemos referido al valle de Patlanalá, que es una fosa de hundimiento que ha dado lugar a un valle alargado, disimétrico, de figura elíptica irregular, cuyo eje mayor está casi orientado de N. a W. Este valle está limitado al N. por una serie de crestas muy escarpadas que pertenecen al borde de una antigua falla cuya dirección general es de SW. a NE., el bajo de esta falla lo forman los cerros de Tepehícan (Lám. V-A. Fot. 2) y varios picos acantilados casi inaccesibles, sin nombre, que se dirigen hacia el cerro de Ahuatepetl, cuyos contrafuertes meridionales forman también el límite septentrional del valle. Por el W. está limitado por las estribaciones orientales del pico alto de Potrerillos (Lám. VI-A. Fot. 1) y por el S. y E. por el cerro del Quimixtlán y la Sierra de Ocotene. El valle mide en su mayor longitud 12 kilómetros y su dimensión transversal varía entre 3 y 5 kilómetros. Se encuentra en los límites de los Estados de Veracruz y Puebla. En su parte oriental existe la laguna de Patlanalá (Lám. VI-A. Fot. 2) de reducida extensión y alimentada por varios manantiales que surgen de su fondo. El valle es abierto por el E. y su drenaje se hace por el río Huitzilapan.

Entre las barrancas afluentes de este río debemos citar la de Acuitlatipa (Lám. VII-A y VIII-A) por haber tenido lugar en ella una de las más desastrosas avenidas de lodo originadas por el terremoto.

En el ángulo NW. del valle se encuentra situado al pie del cerro Ahuatepetl la pequeña colina de Cerro Negro, que es también una parte caída de la falda azul del Ahuatepetl y que ha quedado allí casi aislada.

En la planicie del valle se cultivan principalmente los cereales y en el centro se asienta el pequeño poblado de Patlanalá a 1,640 metros sobre el nivel del mar, y pertenece a la Municipalidad de Quimixtlán, del Distrito de San Andrés Chalchicomula del Estado de Puebla.

En los tres perfiles esquemáticos transversales (Lám. XLI. Fig. 1, 2 y 3) hemos tratado de representar la fisiografía del terreno en esta porción de la Sierra Madre Oriental, y de los accidentes tectónicos más notables de que ha sido teatro pueden dar idea las fotografías de las láminas IX-A y X-A. El corte número 1 es de S. a N., transversal al curso del río Huitzilapan y está

hecho en el paraje de Camuxapa; el número 2 es transversal al valle de Patlanalá, de S. a N. y pasa por la laguna de Patlanalá y el cerro de Tepehican, y el número 3 pasa por el cerro de Ahuatepetl y la misma población de Patlanalá.

Formas fisiográficas semejantes a las que acabamos de describir se presentan en varias porciones del río Huitzilapan o de Los Pescados. La inflexión del curso del río entre Chilchotla y Patlanalá es debida a la existencia de fosas tectónicas parecidas. Todas esas estructuras están en íntima relación con la arquitectura y constitución geológica de esta parte del país, que trataremos de reseñar brevemente en el siguiente capítulo.

CAPITULO II

Reseña geológica

En el Estado de Veracruz existen terrenos sedimentarios pertenecientes a las eras mesozoica y cenozoica. De la primera están representados los períodos jurásico y cretácico y de la segunda, los períodos terciario y cuaternario.

El jurásico aparece debajo del cretácico muy poco desarrollado y está representado por pizarras arcillosas con lechos de calizas negras fosilíferas en su parte superior.

El cretácico al contrario, está muy desarrollado en el Estado y ocupa gran parte de su mitad septentrional. Las rocas pertenecientes a este sistema que con más frecuencia se encuentran, son calizas negras, grises o azuladas, pizarras calizas más o menos margosas y areniscas calcáreas, alcanzando estas formaciones sedimentarias considerables espesores. Del cretácico han sido reconocidos principalmente, pisos de las series meso y neo-cretácica.

Los terrenos terciarios se extienden a lo largo del Estado formando una ancha faja costera y constituyen en su parte N. las formaciones en que se encuentran contenidos los yacimientos petrolíferos de los cantones a que antes se ha hecho referencia. Entre los terrenos terciarios existen formaciones que pertenecen a las series eógena y neógena.

Del cuaternario existen terrenos pleistocenos y resientes que se extienden también a lo largo de la costa y descansan en posición generalmente horizontal sobre los terrenos terciarios.

Todas estas formaciones sedimentarias están atravezadas o cubiertas por rocas ígneas post-cretácicas, que son granitos, gabbros, monzonitas, andesitas, rhyolitas y basaltos, siendo la gran mayoría de estos últimos de edad pleistocena.

Antes de referirnos especialmente a la geología de la zona recorrida, expondremos aquí algunas de las ideas más importantes contenidas en los estudios relativos a la geología del Estado de Veracruz.

El jurásico existe solamente en una reducida extensión del Estado limítrofe con el Distrito de Zacualtipán del Estado de Hidalgo.

El señor ingeniero don José C. Aguilera, en sus "Itinerarios Geológicos," dice respecto al jurásico de Veracruz lo siguiente: (1) "En la Barranca de la Calera en el Municipio de Huayacocotla, debajo de las calizas cretácicas perfectamente identificables por sus fósiles, viene un poderoso grupo de pizarras arcillosas satinadas, que en la parte superior traen lechos de caliza negra fosilífera. Entre los fósiles que he visto, hay fragmentos de cefalópodos de los géneros *Arietitis, Perisphintes* y *Aspidoceras,* asociados con una especie de lamelibranquios que parecen pertenecer al grupo *Monotis,* lo cual no deja duda de que estas pizarras pertenecen al sistema jurásico."

---

(1) Boletines del Instituto Geológico de México, números IV, V y VI, páginas 116 y sig.

Las formacions cretácicas que se presentan sumamente plegadas y dislocadas han sido estudiadas con algún detalle en pocas localidades del Estado.

El doctor Emilio Böse, estudió las calizas de los alrededores de Orizaba (1), en el tramo comprendido entre el río Metlac y Boca del Monte y por la determinación de los numerosos fósiles que encontró en ellos pudo fijar su edad y referir las calizas de Escamela y Maltrata al Turoniano y Senomaniano respectivamente. Estudió también las calizas meso-cretácicas con *Caprinidos* de la mesa de Chavarrillo y alrededores de El Palmar, entre los kilómetros 439 y 460 del Ferrocarril Interoceánico de Veracruz a Jalapa y las faunas cretácica y terciaria de la barranca de Santa María Tatetla. Hace notar que las capas de caliza que se encuentran cerca de Santa María Tatetla un poco arriba de la barranca, pertenecen al cretácico medio de la división de Escamela y que contiene *Rudistas* en bastante cantidad, pero difíciles de desprender de la roca; las formaciones terciarias de los alrededores de Santa María que se encuentran cerca de Acomapilla, las refiere al Plioceno y las divide en dos bancos, uno inferior que contiene principalmente *Ostrea, Amussium* y *Eucope* y el superior con numerosos gasterópodos y bivalvos.

El señor Aguilera con respecto a los terrenos cretácicos y terciarios del Estado de Veracruz, se expresa así:

"El cretácico representado por calizas negras y agrisadas, pizarras calizas y areniscas calcáreas está muy extendido en el territorio del Estado de Veracruz a lo largo de la vertiente de la Sierra de Zongolica, que se continúa hasta unirse al cretácico de la Sierra de Puebla, en los cantones de Jalapa y Jalacingo. En muchísimos lugares el cretácico se ve cortado por diques y macizos dioríticos y cubierto en grandes tramos por derrames andesíticos y por las erupciones más recientes de basalto."

"En las barrancas de Tuzamapa, Xilotepec, Jalcomulco, Songoantla y Tlacolula, estas calizas están cubiertas por el basalto y se hallan ligeramente metamorfizadas. En la hermosa y profunda barranca de Tatatila las calizas cretácicas se descubren debajo de las corrientes de andesita del Cofre de Perote, que las ha metamorfizado, trasformándolas en algunas partes en mármol que, impregnado de siliza en venillas, resulta no ser muy apropósito para la estatuaria. En esta barranca se ven numerosos diques de roca verde (diorita) que cortan a la caliza cretácica. En el cantón de Chicontepec, en la hacienda de Tantima, existen lomeríos de labradorita. Muy semejantes son los ejemplares de ésta a los de la mesa central; la labradorita se extiende encima de un grupo de areniscas y margas desprovistas de fósiles que muy bien pudieran ser los representantes de la división superior del cretácico o tal vez sea la continuación de la formación eocénica de Laredo. Vienen estas areniscas encima de las calizas cretácicas y no se nota discordancia de estratificación, pero la falta de fósiles y la rapidez con que han tenido que hacerse estos itinerarios no permiten precisar la edad de esta formación." Y en otro lugar dice:

"El sistema cretácico alcanza mayor desarrollo en los cantones de Orizaba, Córdoba y Zongolica, en donde se presentan series de capas calizas que tienen centenares de metros de potencia. A diferencia de las calizas del Norte del Estado que están todas más o menos despedazadas y metamorfizadas y desprovistas de fósiles, en las calizas cretácicas del W. y SW. del Estado de Veracruz, aunque sujetas al plegamiento que formó las montañas de la Sierra Madre Oriental, el metamorfismo es menos avanzado y contienen generalmente fósiles numerosos, la mayoría pertenecientes a las familias *Rudistae* y *Chamidae*....."

"La faja de tierras bajas que limita al Golfo de México está cubierta por los médanos y en algunos tramos, especialmente en donde las barrancas descubren el subsuelo se dejan ver las rocas pliocénicas marinas y aun algu

(1) Boletín del Instituto Geológico de México, número XIII. Geología de los alrededores de Orizaba por el doctor E. Böse.

nas que parecen por su fauna corresponder al Mioceno. Una zona paralela al Golfo se extiende desde Tamaulipas hasta Yucatán, está constituída por areniscas y margas arcillosas y calcáreas muy fosilíferas que en la parte superior contienen moluscos, cuyas especies en gran parte están representadas en la actualidad en el Golfo de México y parece que deben referirse al Plioceno y Pleistoceno; y debajo, las especies vivientes están representadas en número mucho más reducido y se hayan asociadas con equinodermos del Mioceno, como sucede también en la misma formación al Sur de Tabasco y porción de Chiapas limítrofe con el Estado de Tabasco. Es en la costa del Golfo de México en donde se conoce nada más la presencia del Terciario Marino en México, excepción hecha de la formación terciaria de la Baja California."

Por estudios posteriores acerca del Terciario de la costa del Golfo, hechos con motivo del desarrollo de la explotación de los yacimientos petrolíferos contenidos en estos terrenos sedimentarios, se ha llegado a comprobar la presencia del Eoceno Inferior y se ha sospechado la existencia del Oligoceno. Las capas de pizarra que se encuentran al W. de Tampico, en la Estación de Méndez del Ferrocarril de Monterrey a Tampico, han sido determinadas por Dall como pertenecientes al Eoceno Inferior; mientras las pizarras arcillosas, impuras y fosilíferas, las calizas y algunas veces los conglomerados que descansan sobre la citada pizarra de Méndez, se han considerado como del Oligoceno. El señor ingeniero don Juan D. Villarello refiere al Neógeno las formaciones terciarias de Tuxpan, Tantoyuca y Papantla (1). En Tuxpan el Neógeno representado por la parte superior del Mioceno y la inferior del Plioceno, está constituído por margas apizarradas, capas de arena y areniscas intercaladas en las margas que descansan sobre calizas amarillentas y fosilíferas con equinodermos del género *Clypeaster*. Rocas de un carácter semejante son las que constituyen el Neógeno de los otros dos cantones; en Tantoyuca son margas de color gris o gris azulado, plásticas y duras entre las cuales se intercalan arenas sueltas o areniscas calcáreas o arcillas; y en Papantla son calizas fosilíferas de color amarillo sobre las que se apoyan areniscas, pizarras, margas apizarradas de color gris azulado y arcilla de color rojo.

Con respecto a las rocas ígneas y la geología de las zonas volcánicas del Estado de Veracruz, debemos citar aquí los estudios del señor ingeniero don Ezequiel Ordóñez sobre el Cofre de Perote y las Barrancas de Las Minas y Tatatila (2) y el Itinerario Geológico de México a Jalapa (3); y las Observaciones Geológicas en el lado Sur del Pico de Orizaba del señor doctor Paul Waitz. (4).

Hemos tenido ocasión de mencionar dos de estos estudios con motivo de la Reseña Fisiográfica del Estado; a propósito de los volcanes y rocas ígneas diremos que el señor Ordóñez llama la atención sobre la naturaleza geológica del Cofre que corresponde enteramente a la sencillez topográfica que presenta esta montaña en su flanco occidental; y considera este volcán como relativamente viejo, costituído por un macizo de construcción monógena y formado por corrientes de lava superpuestas, que se han sucedido con tal rapidez que no se puede establecer ninguna distinción cronológica entre ellas.

Para nosotros la serie de crestas que unen el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote, cuya orientación magnética aproximada es de 7° NE., coinciden con una línea volcano-tectónica cuya sismicidad se acentúa en la vertiente oriental de este tramo de la Sierra Madre, que da señales de actividad repetidas veces, bien por los movimientos sísmicos que origina, bien por los ruídos subterráneos que se producen de tiempo en tiempo de un volcán al otro.

---

(1) Boletín del Instituto Geológico de México, número 26.
(2) Boletín Soc. Geol. Méx., tomo I, páginas 119 y 151.
(3) Guide Geol. du Mex., Xme Gongrés Geologique International. México, 1906.
(4) Bol. Soc. Geol. Méx., tomo VII, 1ª parte, pág. 70.

Entre las rocas ígneas el señor Ordóñez clasifica como andesitas de hyperstena las que constituyen el Cofre de Perote, y dice, que contienen a veces augita en microlitas para poder llamarlas augíticas; y otras veces bastante augita en cristales primarios para poderlas llamar andesitas de hyperstena y augita. En su descripción de las barrancas de Las Minas y Tatatila, cita el señor Ordóñez como rocas ígneas: granitos, monzonitas, gabbros y dioritas que atraviesan las calizas cretácicas; y corrientes de rhyolitas y andesitas cubiertas por sus tobas y brechas respectivas. Estudia las zonas de contacto con las calizas, donde se encuentran los criaderos cupríferos y ferríferos de esta región. Los granitos son de biotita y augita, las monzonitas son cuarsíferas porfiroides o microlíticas, conteniendo unas veces hornblenda y otras augita transformada en parte en dialage.

En la región que visitamos tuvimos oportunidad de recorrer zonas volcánicas y terrenos cretácicos, que se encuentran cubiertos o atravesados por rocas ígneas terciarias. En los alrededores de Jalapa existen corrientes basálticas que se extienden formando una ancha faja hasta Coatepec, Xico y Teocelo, de la que surgen los numerosos conos volcánicos a que nos hemos referido en el capítulo anterior. Estas corrientes descienden a alturas comprendidas entre 1,200 y 1,000 metros sobre el nivel del mar y llegan un poco adelante de Teocelo.

En las barrancas que se atraviesan para ir de esta población a Cosautlán se ven terrenos de acarreo que rellenan sus thalwegs y que contienen grandes fragmentos andesíticos; estas formaciones continúan hasta cerca de las lomas de Baxtla y El Naranjal, donde aparecen las andesitas alteradas profundamente y con fenómenos muy avanzados de laterización, que son característicos de los climas húmedos y cálidos. Esta alteración profunda se observa en las andesitas de los alrededores de Cosautlán y de Barranca Grande. Fué principalmente en esta zona alterada donde se produjeron con el temblor, grietas ligeras, de preferencia en los bordes de los caminos. En el camino de Barranca Grande a Patlanalá se vuelven a presentar de nuevo los terrenos de acarreo y las andesitas, aunque allí están menos alteradas. Estas constituyen la mayor parte de las eminencias de los alrededores de aquella congregación, hasta algunos kilómetros antes de Camuxapa, en donde comienzan a aparecer las calizas cretácicas que forman la Sierra de Ocotene, cerros de Los Platos, Zeutla, Zacatlaminca y Espinazo del Diablo, y por último, los cerros de Taxcacapa, Quialiayo, Tepehican y abruptas crestas que limitan el valle longitudinal de Patlanalá, de cuya fisonomía especial nos hemos ocupado ya. Las calizas están sumamente plegadas y dislocadas, con grandes porciones desprendidas de los flancos de las montañas y forman cerros o pequeñas eminencias. Entre el camino de Camuxapa o Patlanalá se presentan algunos bancos con fósiles, especialmente Rudistas, muy mal conservados. Las calizas están cubiertas en algunos lugares con tobas calizas o volcánicas o productos de acarreo de poco espesor; y en otros, están atravesadas por andesitas que aparecen bajo la forma de reventazones o diques mal definidos. Uno de estos diques andesíticos que atraviesa las calizas se ve en la extremidad del valle de Patlanalá, cuando se llega por el camino de Barranca Grande. La andesita de este dique fué estudiada al microscopio, en lámina delgada, por el señor don Rodolfo Martínez Quintero, quien hizo su descripción contenida en las líneas siguientes, así como de otras rocas colectadas en la región.

Petrografía. La mayor parte de la zona de la Sierra Madre que recorrimos durante nuestra excursión al Estado de Veracruz, está constituída por calizas plegadas del Cretácico Medio, las que en algunos lugares están cubiertas por rocas efusivas o atravesadas por rocas ígneas intrusivas.

Algunas de las calizas se presentan cubiertas por lateritas, así como muchas de las rocas ígneas se presentan en un estado avanzado de alteración, con sus feldespatos totalmente kaolinizados.

Entre las rocas ígneas que tuve oportunidad de examinar en el campo, citaré una andesita de hornblenda que se presenta entre las calizas afectando la forma de un dique en la bajada del valle de Patlanalá. Macroscópica-

mente tiene aspecto porfídico y muestra algunos cristales alargados de hornblenda de regular tamaño. Su examen al microscopio, en lámina delgada, muestra la misma textura porfídica y revela que su masa, en otro tiempo vítrea, se ha devitrificado posteriormente y se ve constituída por microlitos de plagioclasa; y parece ser por su corto ángulo de extinción una andesita muy ácida; los cristales de hornblenda que parecen estar a la simple vista en perfecto estado de conservación se ven al microscopio parcialmente alterados.

El examen microscópico anterior parece probar que la solidificación de la roca se efectuó de una manera muy rápida y que después se produjo la alteración de los cristales de hornblenda; se nota además, que el magma líquido envuelve un material cloritoso, producto de descomposición de los elementos ferromagnesianos pertenecientes probablemente a una andesita más antigua.

En cuanto a los lodos de las avenidas que cubrieron a varios pueblos de la zona recorrida, su examen microscópico reveló que contenían los mismos minerales que las andesitas, solamente que en ellos escasea mucho la hornblenda y abunda la hyperstena. Es probable que el material que constituye estos lodos no sea sino el resultado de la trituración mecánica y de la alteración química de estas andesitas.

Tectónica. La Sierra Madre Oriental se formó con materiales sedimentarios emergidos de los mares cretácicos. Los estratos de estos materiales sedimentarios constituídos principalmente por calizas, pizarras arcillosas, margas y areniscas, fueron plegados, torcidos, fracturados y dislocados por esfuerzos orogénicos que poblamente alcanzaron su máxima intensidad durante el Terciario; estos esfuerzos debidos al diastrofismo terrestre se han continuado después con menor energía y siguen realizándose hasta nuestros días, por lo que puede decirse que muchos de los temblores ocurridos en esta zona no han sido sino fases más o menos débiles por las que está pasando el proceso orogénico de esta porción del país.

Por los estudios estratigráficos y tectónicos que se han hecho del Cretácico Mexicano, se sabe que de las tres divisiones que se consideran en este sistema, son, la inferior y la media las que han sufrido más movimientos y dislocaciones durante los tiempos geológicos pasados; el Cretácico Superior al contrario, no ha sufrido grandes vicisitudes y aún se llegan a encontrar sus rocas en posición ligeramente desviada de la horizontal.

Las formaciones sedimentarias pertenecientes al Cretácico Medio son las más comunes en el país y las que ocupan en él una mayor extensión superficial; son las que han suministrado el material de muchas de nuestras sierras calizas, pudiendo asegurarse que la Sierra Madre Oriental está constituída en su mayor parte por rocas pertenecientes exclusivamente a esta división.

Con motivo de las formas fisiográficas características que se presentan en la región sacudida por el terremoto del 3 de enero, hemos tratado ya de algunos de sus accidentes tectónicos, haciendo notar que se han producido fracturas y resbalamientos que han dado origen a hundimientos y fosas y a sistemas de fracturas y fallas, algunas de las cuales pueden considerarse como líneas sismo-tectónicas.

Los sistemas de fallas o fracturas que con más frecuencia se encuentran en la región recorrida, tienen los siguientes rumbos y echados: EW. con echado al S.; de 54° a 60° NE. (57° NE. en promedio) con fuerte echado al SW. o casi vertical; y NS. a 10° NE. de rumbo. Varias de las fracturas pertenecientes a algunos de estos sistemas, encauzan a los ríos de la región en ciertos tramos de su curso. En el río Huitzilapa, en los alrededores de Patlanalá, se encuentran con frecuencia fracturas del sistema 57° NE. y pocas del sistema 54° NW.; en cambio en los ríos Jamapa y Seco y en el de Metlac parecen dominar las de este último sistema.

En su Bosquejo Geológico (1), el señor ingeniero Aguilera señala como

(1) Boletines del Instituto Geológico de México, números IV, V y VI, pág. 212.

dirección más frecuente, tanto para las capas levantadas como para las crestas, la de NW. a SE. con ligeras oscilaciones entre 25° y 45°, siendo los echados de las capas muy variables, ya al NE., ya al SW.; pero en esta región, según nuestras observaciones, es dominante para las crestas elevadas la dirección NS. y la NE. SW., lo que parece corresponder a la desviación tan notable que sufre la Sierra Madre Oriental en el tramo comprendido entre el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote.

CAPITULO III.

Estudio del terremoto

I.—DESCRIPCION GENERAL DEL FENOMENO Y SUS EFECTOS EN LA ZONA MEGASISMICA

El sábado 3 de enero de 1920, poco antes de las diez de la noche se sintió en la ciudad de México un ligero temblor oscilatorio de corta duración, que fué notado solamente por algunas personas; pero casi inmediatamente después de este movimiento sobrevino un choque violento de mayor intensidad que el anterior, aunque también de corta duración; este último causó alguna alarma y fué sentido por todos los habitantes de la capital y de las poblaciones del Distrito Federal.

Este choque principal así como la primera sacudida fueron fases distintas del mismo megasismo. Los sismógrafos de la Estación Central de Tacubaya recibieron la primera onda a las 9 h. 48 m. 03 s., (tiempo medio de Tacubaya); habiendo registrado los aparatos durante el transcurso de la noche otros seis temblores de intensidades comprendidas entre los grados I y III de la escala de Cancani, de los cuales los más notables fueron los siguientes: a las 10 h. 23 m. 17 s.; a las 10 h. 26 m. 15 s., a las 11 h. 34 m. 07 s.; y a las 12 h. 46 m. 23 s.

Al día siguiente se recibió en la Estación Central el primer telegrama referente al temblor acaecido la noche del día anterior, procedente del puerto de Veracruz y redactado en los siguientes términos:

Veracruz, Enero 4.—8 a. m.—El día 3 a veintiuna cincuenta y ocho local, fuerte temblor oscilatorio, duración aproximada treinta segundos, repitiendo hasta una de la mañana tres veces ligero.—El Jefe del Observatorio. —*D. Larraga.*

Durante ese día y el siguiente se siguieron recibiendo telegramas de otros lugares del Estado de Veracruz, en los que se señalaban como poblaciones más afectadas por el temblor, a Jalapa, Teocelo, Cosautlán, Barranca Grande, Atotonilco, Calcahualco, Alpatlahua, San Juan Coscomatepec, Huatusco, Córdoba y Orizaba; y a las de Patlanalá, Quimixtlán y Chilchotla, del Estado de Puebla. Se recibieron además varios telegramas de otras localidades de la República en las que el temblor se sintió con más o menos intensidad. En la carta (Lám. XLII—A) que acompaña a este estudio, figuran señaladas con tinta roja las poblaciones de la República de las que se recibieron noticias de temblor.

Posteriormente a los días 3, 4 y 5 de enero, la prensa de la capital dió noticias que eran cada vez más alarmantes: se atribuía al fenómeno un carácter sumamente destructor y las desgracias causadas por él se comentaban como una verdadera hecatombe nacional; pero lo que vino a aumentar la alarma e hizo que creciera el interés público, fué la noticia propalada el día 9 por casi todos los periódicos de la capital: en ediciones extras se habló de la aparición de un volcán del cual se describían con vivos colores, sus erupciones, corrientes de lava, emisiones de gases, etc. Se localizaba este volcán al principio, en las cercanías de Jalapa, en el cerro de San Miguel del Soldado; después, entre los ranchos del Jacal y Tlacotiopan en las faldas

del Pico de Orizaba; más tarde, en los alrededores de San Miguel Huaxcaleca; y por último en las cercanías del pueblo de San Nicolás al W. de San Juan Coscomatepec; y aún se llegó a hablar de erupciones del Pico de Orizaba y del Cofre de Perote.

Al estudiar el fenómeno comenzaremos por fijar la situación, extensión y límites de su área megasísmica y nos ocuparemos después del carácter del movimiento, intensidad, dirección, propagación, etc., y de sus efectos geológicos en el terreno y de los destructores en los edificios de las principales poblaciones comprendidas dentro de la área que visitamos.

2.—EXTENSION, FORMA, LIMITES Y SITUACION GEOGRAFICA DEL AREA PLEISTOSISTICA Y CARACTER DEL MOVIMIENTO

Afecta esta área una forma toscamente triangular y se encuentra localizada en la Sierra Madre Oriental, entre las poblaciones de Patlanalá y Chilchotla del Estado de Puebla hacia Atotonilco del Estado de Veracruz, precisamente en la vertiente oriental de la arista de la Sierra Madre, comprendida entre el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote; su superficie es aproximadamente de 70 kilómetros cuadrados y se encuentra comprendida entre los paralelos 19° 09′ y 19° 18′ de latitud N. y los meridianos 1° 52′ y 2° 02′ de longitud E. del meridiano de México. Está limitada al W. por las crestas que pertenecen a la arista mencionada; al N. por las montañas que bordean los valles de Patlanalá y Chilchotla; al S. y al E. por las serranías que corren entre Atotonilco y San Miguel Huaxcaleca con una dirección general de NE. a SW.

El carácter del movimiento en esta zona fué trepidatorio y de una duración muy corta; ésta no la pudieron apreciar los habitantes de las poblaciones sacudidas, porque la violencia e intensidad del choque principal les causó tal impresión y espanto que no les permitió darse cuenta de ello. Según la relación de las personas más caracterizadas de Patlanalá, el choque fué sumamente brusco y a causa de él, fueron lanzadas al suelo las lámparas de petróleo y otros objetos que se encontraban encima de las mesas; lo mismo que algunos líquidos que saltaron fuera de los recipientes que los contenían; y aún aseguran algunos vecinos que varias ciénagas que existían al pie de las montañas, se vaciaron.

Durante nuestra estancia en Patlanalá tuvimos oportunidad de sentir varios temblores de alguna intensidad y queriendo precisar el carácter de esos movimientos, suspendimos en nuestra tienda de campaña un cuerpo pesado de un hilo para que este péndulo nos sirviera a manera de sismoscópio y pudimos observar así, que los temblores subsecuentes fueron de un carácter francamente trepidatorio, pues este péndulo improvisado no osciló ni siquiera ligeramente, no obstante que algunos de estos temblores fueron de bastante intensidad.

En la misma ciudad de México, no obstante su distancia al epifoco (212 kilómetros), el movimiento fué más bien de carácter trepidatorio que oscilatorio, pues fueron muy ligeras las oscilaciones que se notaron en las lámparas y objetos suspendidos; no pudiéndose quizá percibir claramente estas oscilaciones por su corto período. La distancia epicentral para la Estación Central de Tacubaya fué determinada por la fórmula de Omori, utilizándose los datos instrumentales de los sismógrafos horizontales Wiechert de 200 y 125 kilogramos de masa.

En cuanto a la extensión de la área macrosísmica abarcada por este temblor puede apreciarse por la inspección de la citada carta de la República (Lám. XLII-A) en donde se señalan todas las localidades de las que se recibieron noticias del temblor, bien por telegramas oficiales o bien por noticias particulares y por informes que nos fueron dados durante nuestras excursiones a través de los Estados de Veracruz y Puebla. El área macrosísmica está limitada por una línea curva sinuosa que pasa cerca de los siguientes lugares: Puerto Lobos en la costa Norte de Veracruz, Tuxpan del mismo Estado, Pachuca capital del Estado de Hidalgo, Toluca capital

del Estado de México, Iguala del Estado de Guerrero, las poblaciones de Tlaxiaco y San Jerónimo del Estado de Oaxaca y las de Cosamaloapan y Tuxtla de Veracruz. No obstante la fuerte intensidad de este temblor, su área macrosísmica es relativamente pequeña si se le compara con las áreas conocidas de algunos otros grandes temblores mexicanos, por ejemplo, el del 14 de abril de 1907, cuyo epicentro estuvo en San Marcos, en la costa de Guerrero, cuya área macrosísmica abarcó una zona que por el E. llegó hasta San Juan Bautista, por el N. hasta Tampico y San Luis Potosí, y por el W. llegó más allá del puerto de Manzanillo. La superficie en kilómetros cuadrados del área macrosísmica del temblor de 1920 fué de 77,200 kilómetros cuadrados, es decir, una parte insignificante del total de la extensión continental de la República, en tanto que la superficie conmovida por el temblor del 14 de abril de 1907, fué de 529,583 kilómetros cuadrados, esto es, más del 29% de dicha extensión territorial, siendo solamente el 4% o sea aproximadamente la séptima parte del área de aquel temblor la que corresponde al del 3 de enero próximo pasado. Durante los temblores del 30 y 31 de julio de 1909 fué sacudida una extensión casi igual a la del 14 de abril de 1907 y ha habido temblores en el país, que conmueven macrosísmicamente casi la mitad del territorio continental de la República.

Hemos dividido el área macrosísmica de este temblor en una área epicentral y en cuatro zonas de intensidades, dada la imposibilidad que hay de poder trazar las isoseistas por falta de datos; otro tanto puede decirse de las homoseístas por carecer de datos exactos acerca del tiempo en que ocurrió el temblor en distintas localidades, pues hay horas trasmitidas en algunos telegramas recibidos de lugares cercanos entre sí, que difieren varios minutos; esto se debe a que nunca se corrigen los relojes públicos de las poblaciones, ni se ha podido unificar todavía la hora en el país; aún el tiempo suministrado a los sismógrafos de la Estación Sismológica de Oaxaca, tiene errores notables de tiempo, pudiendo sólo considerarse como exacta la hora de 9 h. 48 m. 03 s. en que llegó la primera onda longitudinal del terremoto a la Estación Sismológica Central de Tacubaya, pues ésta recibe directamente la hora del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya, cuyos péndulos están sincronizados y el error probable del tiempo en los sismogramas es apenas de ± 0.2 de segundo.

En el área epicentral han quedado comprendidas las poblaciones en que se sintió el temblor con intensidades del grado XI al XII de la Escala de Cancani; en la zona de primera intensidad están las localidades en que la intensidad fué del grado IX al X—XI; en la de segunda del V al VIII; en la de tercera del IV al V, y por último, en la de cuarta intensidad, todas las demás localidades en que se sintió el temblor más ligeramente; pues como se sabe la isoseísta III es el límite de la percepción de las personas para los temblores de tierra y delimita por tanto la área macrosísmica. Las localidades más importantes y las intensidades que respectivamente alcanzó el movimiento en cada una de ellas fueron las siguientes:

Area Epicentral

Chilchotla, Pue. . . . . XI.—XII.
Quimixtlán, Pue. . . . . XI.—XII.
Patlanalá, Pue. . . . . XI.

Zona de primera intensidad

Alpatlahua, Ver. . . . . IX.
Ayahualulco, Ver. . . . . IX.—X.
Calcahualco, Ver. . . . . IX.
Cosautlán, Ver. . . . . X.
Chichiquila, Ver. . . . . IX.
Coscomatepec, Ver. . . . . VIII.—IX.
Saltillo Lafragua, Pue. . . . . X.
Ixhuacán, Ver. . . . . X.—XI.
Teocelo de Díaz, Ver. . . . . X.

Zona de segunda intensidad

Jalapa, Ver. . . . . IX.
Huatusco, Ver. . . . . VIII.
Xico, Ver. . . . . VIII.
Coatepec, Ver. . . . . VIII.
San Andrés Chalchicomula, Pue. . . . . VIII.

Zona de tercera intensidad

Esperanza, Pue. . . . . IV.—V.
Orizaba, Ver. . . . . IV.
Córdoba, Ver. . . . . IV. (?)
Rinconada, Ver. . . . . IV.
Tuxpan, Ver. . . . . IV.

Zona de cuarta intensidad

Veracruz, Ver. . . . . III.—IV.
Tecamachalco, Pue. . . . . III.—IV.
Tehuacán, Pue. . . . . III.—IV.
Teotitlán, Oax. . . . . III.
Cuicatlán, Oax. . . . . III.
San Jerónimo, Oax. . . . . III.
Otumba, Méx. . . . . III.—IV.
México, D. F. . . . . III.—IV.
Tacubaya, D. F. . . . . III. (?)
Calpulalpan, Tlax. . . . . III.—IV.
Huamantla, Tlax. . . . . IV.
Tlaxco, Tlax. . . . . III.—IV.
Chignahuapan, Pue. . . . . III.
Tetela, Pue. . . . . III.
Zacatlán, Pue. . . . . III.
Huauchinango, Pue. . . . . III.
Puerto de Lobos, Ver. . . . . III.

3.— DIRECCION DEL MOVIMIENTO

En cuanto a los datos que a ésta se refieren y que son en cierto modo importantes para darse cuenta de la propagación del temblor, tuvimos oportunidad de hacer observaciones en varias de las poblaciones situadas fuera del área epicentral, que nos permitieron determinar la dirección con alguna aproximación; en cambio en otras no pudimos hacerlo, por no existir en el terreno dato alguno de que poder partir para poderla deducir, ni ningún informe de los habitantes de los lugares visitados que nos mereciera fe. En general no hemos tenido en cuenta las direcciones que creyeron notar los habitantes de los lugares más conmovidos, pues sucede que hay muy pocas personas dotadas del suficiente espíritu de observación para tomar esta clase de datos y sobre todo, porque sin estar familiarizados con estos fenómenos, es difícil que tenga la calma necesaria en los momentos en que se efectúa un gran temblor para hacer observaciones precisas de esta naturaleza.

Por otra parte, son bien conocidas las dificultades que se presentan para la determinación exacta de la dirección del movimiento, pues parece que de hecho ésta cambia constantemente durante un temblor, y que sólo puede tomarse como general, la dominante durante el movimiento, la que tampoco coincide siempre, como pudiera creerse, con la de la línea que une el lugar de observación con el epicentro.

Para determinar la dirección del movimiento nos servimos de la dirección y sentido en que cayeron objetos libres, tales como muebles, espejos, cuadros, etc.; u objetos alargados como pilares, postes, cruces, etc., muchos

de los cuales, cuando llegó la Comisión no habían sido removidos del lugar en que cayeron.

Cosautlán.—En Cosautlán, (véanse Láms. XI-A y XII-A) los pilares de los portales de la plaza, cayeron hacia el NE.; lo mismo sucedió con los postes de la esquina del atrio de la iglesia, aunque hubo algunos que cayeron según la dirección NS. y en sentido contrario, pues unos cayeron para un lado y otros para otro; la dirección de la caída de los objetos libres del interior de la iglesia fué también hacia el NE.; y únicamente el cuerpo de la torre N. de ella cayó hacia el NW., pero no puede considerarse este cuerpo como un objeto libre y no se debe por consiguiente tener en cuenta su caída como dato para determinar la dirección general del movimiento sísmico en este lugar. (Lám. XIII-A, Fot. 1.)

Otra observación que parece confirmar la idea de que fué NE. la dirección del movimiento, es la que estando la iglesia orientada al NW. SE. 63°, fueron los muros NE. los que sufrieron más, habiendo quedado quebrados y machacados en forma de cruz, por las cuarteaduras (Lám. XIII-A, Fot. 2 y Láms. XIV-A y XV-A, Fot. 1), y mostrando efectos de esfuerzos de compresión, como si hubieran estado entre las quijadas de una quebradora; en tanto que los muros NW. presentaban cuarteaduras horizontales (Lám. XV-A, Fot. 2 y Lám. XVI-A.) como si hubieran oscilado únicamente.

Barranca Grande.—Aunque está situada fuera del área epicentral, no nos fué posible determinar la dirección del movimiento por haber quedado casi todas las casas de esta congregación en ruinas, cubiertas por el lodo de las avenidas o aludes que se produjeron simultáneamente con el temblor, de las cuales hablaremos más adelante.

Teocelo de Díaz.—En Teocelo la dirección del movimiento fué probablemente de W. a E.

En la casa del doctor Gonzalo Hernández, jefe del Puesto de Socorros, un espejo de sala que estaba colgado en un muro orientado de N. a S., cayó hacia el W., como si el movimiento hubiera venido en una dirección transversal a la del muro. Este movimiento causó efectos semejantes en otros muros orientados igualmente en otras casas de la ciudad. En la iglesia de Teocelo cayeron hacia el SW. los balaustres del barandal del altar (Lám. XVII-A, Fot. 1) y allí pudimos observar movimientos rotatorios en los pilares y balaustres de piedra artificial del altar, que giraron un ángulo de 40° hacia el NW. (Véase Lám. XVII-A, Fot. 2) y lo mismo sucedió con la estatua de Hidalgo que se encuentra en la plaza de ese lugar, la que giró sobre su pedestal un ángulo de 17° al NE. (Lám. XVIII-A, Fot. 1). Estos movimientos de rotación son solamente aparentes y no corresponden, como pudiera suponerse, a movimientos de vórtice durante el temblor, sino que son solamente el resultado de diferencias de frotamiento entre dos planos primitivamente horizontales, que al inclinarse el pedestal con el movimiento, hacen resbalar al objeto que descansa sobre él, desigualmente, adelantándose una parte con respecto a la otra y produciendo así un movimiento aparente de rotación.

Jalapa.—En esta ciudad las calles están orientadas de N. a S. y de E. a W., y como veremos después al estudiar los efectos destructores en sus edificios, fué muy frecuente en la zona máxima de destrucción la caída hacia el NE. de los muros orientados EW., como si el movimiento hubiera venido en la dirección del SW. al NE., es decir, aproximadamente según la línea que une a dicha ciudad con el área epicentral. No nos fué posible apreciar con claridad la dirección de la caída de objetos libres por no haber sido allí el temblor de carácter francamente oscilatorio.

San Francisco La Peña.—En la casa de comercio del señor Benito Díaz Ribero, las botellas de la parte alta del armazón de la tienda y una lámpara, cayeron al SW. y según nos informó este mismo señor, el movimiento y ruidos subterráneos que lo acompañaron, parecieron venir de la tierra hacia el mar, rumbo SW., de modo que es probable que aquí haya sido también la dirección del SW. al NE.

Veracruz.—En este puerto, según informes de personas completamente dignas de fe, el movimiento fué oscilatorio y de dirección de E. a W.

4.—DURACION DEL CHOQUE

En cuanto a la duración del choque principal en diferentes puntos del Estado de Veracruz, se hace variar entre 3 y 30 segundos, según sus distancias al epifoco; estas duraciones se consignan en los telegramas trasmitidos y constan en el Catálogo de Macrosismos sentidos en la República durante el mes de enero de 1920, formado por el señor ingeniero Francisco Patiño y Ordaz, jefe de la Estación Sismológica Central de Tacubaya. (Véase la segunda parte de esta memoria.) En el mismo catálogo constan las direcciones y duraciones observadas en diferentes localidades de la República, situadas en los Estados de Puebla, Tlaxcala, Oaxaca, Guerrero, México y Distrito Federal.

5.—PROPAGACION DEL MOVIMIENTO SISMICO

Con respecto a la propagación del movimiento sísmico, debemos hacer notar que se efectuó preferentemente, según una zona de orientación general SW.—NE. (55° NE. de rumbo medio magnético) dirección según la cual el moviento alcanzó su máxima intensidad y en la que por consiguiente, se acentuaron los fenómenos geológicos y destructores del temblor. Coincide esta dirección con una antigua zona de fracturas y fallas pertenecientes a los sistemas EW. y 50° a 60° NE. En la carta topográfica de la área más conmovida (véase Lám. I-B) se puede localizar esta zona entre Chilchotla y Patlanalá (Estado de Puebla), comprendiendo Quimixtlán; después se alarga en la dirección indicada al NE., comprendiendo Cosautlán, Barranca Grande, Teocelo, Coatepec y Jalapa, donde tiene rumbos variables, pero siempre de SW. al NE.

CAPITULO IV

Efectos geológicos

Los efectos del temblor sobre el terreno, es decir, los fenómenos geológicos que durante el movimiento o después de él se produjeron, fueron muy notables y consistieron principalmente en derrumbes en las montañas, resbalamientos de terrenos sueltos, avenidas o aludes de lodo, variaciones en el gasto de los manantiales existentes en la región y alumbramiento de nuevos manantiales.

Los derrumbes en las montañas se perciben desde los alrededores de Barranca Grande hacia el W. (Véase Fot. Núm. 1. Lám. XVIII-A y Lám. XIX-A), (derrumbe de Tlatetela), después, en el cerro "El Vigía" y en el camino de aquella congregación a Patlanalá; y son muy notables en los cerros que circundan el valle de ese nombre, donde están localizados casi siempre en el borde de las crestas (Lám. XX-A, Fots. 1 y 2); estos derrumbes se ven unos a continuación de otros como jaloneando los sistemas de fallas que se presentan en los cerros que limitan al N. el cañón del río de los Pescados. Cuando tuvimos la oportunidad de observarlos en Patlanalá estaban aún muy recientes y el material desprendido, en un estado tal de equilibrio inestable, que el más ligero movimiento o temblor, provocaba su caída, produciéndose entonces el resbalamiento del material por las abruptas pendientes de los cerros de una manera brusca y repentina, y acompañado de un fuerte ruido por el choque de las piedras entre sí, que causaba durante la noche una impresión de terror a los asustados habitantes de la comarca. Era muy frecuente que durante el día, la caída de piedras aisladas en estos derrumbes (que se presentaban entonces secos, pues no había llovido en esos días en la región) hiciera que se formaran polvaredas (Lám. IX-A, Fot. 1) que causaban el efecto de una o de varias humaredas y que se veían desde lejos, dando a la región de Patlanalá un aspecto nublado que parecía producido por el humo.

Estos derrumbes se efectuaron durante el temblor, lo mismo que el deslizamiento de los terrenos sueltos, que en masa resbalaron por las laderas y al alcanzar el lecho del río Huitzilapa o de Los Pescados, forman enormes aludes o avenidas de lodo que arrasaron casi enteramente o por completo los poblados. En Patlanalá se originaron en la barranca de Acuatlatipa, (Láms. VII-A y VIII-A) siendo de notar que estas avenidas, comparables en su movimiento, por la pastosidad del lodo, a los ventisqueros, recorrieron grandes distancias y recibieron durante su recorrido varias avenidas afluentes: entre ellas ésta de Acuatlatipa, cuyos efectos desastrosos fueron muy grandes, pues cubrieron por completo el caserío de las congregaciones de El Rincón, Petlacuacán, Mecatitla y Acuitlatipa, dejando sepultados en el lodo a los habitantes de esas congregaciones que eran en número de 120 y causando así más víctimas que el temblor mismo. Algunos vecinos de Patlanalá, contaron hasta 36 fuertes avenidas de lodo, durante la noche del 3 al 4 de enero. Al llegar la avenida a Barranca Grande, congregación que contaba con unos 300 habitantes, cubrió las dos riberas del río a lo largo de las cuales se extendían las casas de esta congregación (Láms. XXI-A, XXII-A y XXIII-A), dejando solamente con vida a unos 80 individuos que pudieron salvarse y quedando solamente sin ser cubiertas, algunas pocas casas que se encontraban en la parte alta de la ladera de la montaña. Por los relatos de algunos hombres que escaparon del desastre en esta congregación, pudimos saber que momentos antes del temblor, se oyó un ruido subterráneo por el rumbo de Chilchotla, que comparaban, unos, a un trueno sordo prolongado, otros al rodar de muchas carretas por un piso empedrado, a cargas de caballería, etc.; que como unos cinco minutos antes del choque principal, oyeron otro ruido que atribuyeron, en medio del susto que les produjo el fuerte choque, a un segundo temblor, y que se preparaban a sentir éste, cuando solamente unos cuantos habitantes se dieron cuenta de que no era ruido subterráneo sino que era una creciente del río. Los pocos habitantes que se dieron cuenta de la causa del segundo ruido huyeron hacia la parte alta, tratando de salvarse; pero era tal la velocidad que traía la avenida, que varias de estas personas, no obstante haberse dado perfecta cuenta del peligro y haber corrido violentamente, siempre perecieron. Se nos contó, por ejemplo, el caso de un padre de familia que llevaba dos de sus hijitos de la mano, quienes tenían que correr solamente un espacio muy corto (de 300 metros) para escaparse de la corriente; pero no pudiendo los niños correr bastante aprisa, tuvo que soltarlos y dejarlos perecer para poder salvarse; y entre otros el caso de una familia que durante el temblor se arrodilló dentro de su casa a rezar, habiendo quedado un niño, perteneciente a esta familia, cerca de la puerta, el cual oyó gritar a un hombre que pasó por frente a su casa "que era creciente." El niño salió violentamente y echó a correr delante del hombre hacia arriba de la falda del cerro y pudo salvarse, pero el hombre que había dado el aviso de alarma pereció, por haber sido alcanzdo por la avenida; hubo también familias compuestas de numerosos miembros como la de don Eusebio Elos (de ocho personas), la de don Juan Deto (de seis personas), y otras que desaparecieron enteramente, dándose también casos en que se salvara sólo el jefe de ellas o al contrario familias en que murieron todos, excepto algunos de los miembros, y en fin, casos más o menos emocionantes que no relataremos aquí, por no parecer prolijos por tratarse de casos no comprobados.

Puede decirse que los lodos recorrieron todo el lecho del río Pescados desde los puntos en que alcanzaron los resbalamientos de los terrenos sueltos al lecho, hasta su desembocadura en el mar; pero la verdadera avenida, es decir, el lodo pastoso, recorrió distancias menores aunque bastante considerables como son, la comprendida entre Chilchotla y Patlanalá, que es de 11 kilómetros (según el curso del río) y la que media entre esta población y Barranca Grande que es de 9 kilómetros, es decir, en total 20 kilómetros. El espesor de estas corrientes fué de importancia en Chilchotla y en Barranca Grande donde se podía apreciar por la huella que dejó el lodo en los troncos de los árboles: alcanzó un espesor de 15 kilómetros.

Como un detalle de interés y con motivo de estas avenidas de lodo, incluiremos aquí un relato que nos hizo el coronel don Silviano García, de las condiciones en que se encontró en Quimixtlán al día siguiente del temblor. En la región, que se encontraba infestada de rebeldes en esa época, se preparaba por parte de los alzados un golpe la noche del sábado para apoderarse de Quimixtlán, que estaba ocupada por fuerzas del Gobierno, golpe que no se llevó a efecto por el temblor; sin embargo, el día siguiente, fué rodeada y balaceada esa población y el coronel se encontró atacado por los rebeldes, incomunicado de su base militar, que estaba en Patlanalá, por una gruesa avenida de lodo que ocupaba el lecho del río y que era imposible cruzar sin riesgo de hundirse en él. El coronel García quedó varios días allí en comprometida situación, aislado, y sólo podía comunicarse con los soldados del Cuartel General al otro lado de la avenida, por medio de notas escritas en papeles, en los cuales envolvían piedras, las que lanzaban de un lado a otro de la corriente de lodo por medio de hondas de mano.

Fenómenos geológicos semejantes han ocurrido y han sido estudiados en otros temblores extranjeros de fama mundial, como son los de Río Bamba, en el Perú, el de 4 de febrero de 1797, el de Asaam del 12 de junio de 1897, el de Mont Blanc el 13 de agosto de 1905 y algunos otros. "En el temblor de Río Bamba se produjeron varios profundos abismos y derrumbes de la parte alta de los cerros que cayeron a los valles y de las faldas de los cerros agrietados se precipitó una enorme cantidad de agua con mal olor, que se mezcló con el material procedente de los derrumbes, formando así lodo. Este llenó en poco tiempo valles de 1,000 pies de ancho por 600 pies de alto y cubrió edificios y pueblos enteros con sus habitantes, obstruyendo todos los manantiales; aunque el lodo se secó en pocos días, desvió la corriente de los ríos con su gran masa, haciendo que se salieran de su cauce, durante algún tiempo. Como aquí no se trata del desbordamiento de lagos, lo más probable es que hayan sido depósitos subterráneos de agua, que con el choque del temblor salieron a la superficie bruscamente. Esto puede suceder también lejos de las montañas calcáreas, en cuyas grutas se sabe que hay tales depósitos." (Wirkungen und Ursachen der Erdbeben, Wilhelm Branco, Berlín, 1902.)

Aristóteles, en su obra del Cosmos, capítulo 4.º, dice referente a estos fenómenos que acompañan a los temblores:

"Los temblores que producen abismos al abrir la tierra se llaman "rectos." De estos hay algunos que llevan delante vientos, otros piedras y otros lodo."

Puede decirse que en México es la primera vez que se presentan estos fenómenos con tal intensidad; y que constituyeron una de las características del temblor del 3 de enero próximo pasado.

Los terrenos que se resbalaban por las laderas, se encontraban remojados en parte por las lluvias del mes de diciembre del año anterior y en parte por los numerosos manantiales que existen en los bordes de las montañas, o alimentan las ciénagas que se forman en los escalones de la sierra. El volumen de estos terrenos puede estimarse en algunos millones de metros cúbicos que fueron puestos en movimiento primeramente, por las ondas sísmicas, durante los fuertes sacudimientos verticales que produjeron en el área epicentral; que descendieron después por gravedad por lo abrupto de las pendientes y que por último fueron arrastrados, mezclados ya con las aguas del río Huitzilapa a través de todo su curso.

Los manantiales que tuvimos oportunidad de ver durante nuestra excursión, eran todos de agua fría y hubo variación en su gasto, según informes de los habitantes de la región, habiéndose aumentado el de algunos de ellos o bien disminuído y aún desaparecido el de otros, siendo de notar que muchos de los nuevos que aparecieron, se encuentran alineados hacia el tercio superior de las montañas como si correspondieran a una grieta que se hubiera formado durante el temblor y hubiera quedado oculta por los derrumbes del terreno.

CAPÍTULO V

Efectos sobre las construcciones

Los efectos destructores de un temblor sobre las construcciones dependen de varios factores, entre los cuales influyen directamente los siguientes: situación topográfica y geológica de las construcciones, naturaleza del suelo y subsuelo en que se asientan, calidad del mortero y material empleado, y orientación de los muros más resistentes con respecto al rumbo y dirección según los cuales se verifican con más frecuencia los temblores en una localidad.

Vamos a referirnos con especialidad, a los efectos sobre las construcciones en la zona más conmovida por este temblor y señalaremos los peligros a que se expondrán las construcciones en la comarca recorrida, si no se construye ahora de una manera apropiada para resistir los futuros temblores, eligiendo los sitios apropiados para el objeto, pues son de esperarse futuros temblores dentro de lapsos más o menos largos, que no es posible fijar, pues la zona conmovida pertenece a una región sísmica del país, perfectamente caracterizada.

Nos ocuparemos de los efectos destructores del temblor comenzando por las localidades comprendidas dentro del área pleistocística, como Patlanalá, y en seguida de aquellas poblaciones que por estar situadas en la dirección en que se propagó el temblor, sufrieron más sus efectos destructores.

Patlanalá, Pue. Esta pequeña población que contaba antes del temblor con 150 habitantes, dispersados muchos de ellos en las congregaciones de sus alrededores, está formada por un reducido caserío que se asienta en el centro del valle de su nombre, sobre los depósitos recientes que rellenan dicho valle; y por cabañas situadas en las faldas de los cerros. La población es de aspecto triste y humilde y contrasta notablemente con la belleza de las montañas que limitan el valle. Al reducido número de casas, algunas de ellas de madera, se debe que no obstante la fuerte intensidad con que se efectuó allí el temblor del 3 de enero próximo pasado, no hayan sido muy notables los efectos destructores sobre las construcciones. Sin embargo, la iglesia (Lám. XXIV-A, Fots. 1 y 2) se cuarteó y derrumbó en gran parte, así como varias de las casas de mampostería de ese lugar; las casas de madera sufrieron muy poco. En los muros, las cuarteaduras fueron en su mayor parte horizontales y muchos de los pilares de las casas y portales se sintieron según sus juntas y se desviaron bastante de la vertical, efectos todos que corresponden a movimientos trepidatorios.

En la fotografía 2 de la Lám. XX-A, puede apreciarse cómo quedó el casco de esta población después del temblor y los intensos derrumbes que produjeron en los cerros de sus alrededores.

En el cuadro estadístico de las desgracias habidas en la región, que se expone más adelante, puede verse que en esta localidad hubo muertos y solamente dos heridos. De este número de víctimas, debe tenerse en cuenta que por la caída de las construcciones solamente hubo dos personas heridas y una muerta; en tanto que el resto pereció por la avenida de lodo que se originó en la barranca de Acuatlatipa y que cubrió por completo las chozas de la congregación de este nombre y las de El Rincón, Mecatitla y Petlacuacán, a las cuales se ha hecho antes referencia.

Cosautlán, Ver. Las casas de esta población se asientan en parte en la cima de una eminencia andesítica y en parte de la falda septentrional de la misma, quedando así dividida la población en dos cuarteles: uno alto y otro bajo. El caserío de Cosautlán situado en la parte alta, fué el que más sufrió con los efectos destructores del temblor del 3 de enero; y puede decirse que quedó reducido casi en su totalidad a ruinas. En el croquis de la Lám. XLIII-A, se indican las destrucciones habidas en los alrededores de la plaza y las fotografías re-

lativas dan idea de estas destrucciones. En las fotografías 1 y 2 de la Lám. IV-A, se ve la parte alta de Cosautlán, destruída; en las fotografías de la Lám. XXV-A las destrucciones de la plaza de dicha población y las del templo de la misma. (Láms. XIII-A y XVI-A). Como la dirección del movimiento sísmico fué allí de SW. a NE., los muros que se cayeron y los que se cuartearon horizontalmente, fueron los orientados de NW. a SE., mientras que los perpendiculares a éstos, presentaban grandes cuarteaduras en forma de cruz (véanse las fotografías de las láminas citadas); y mostraban, como se ha dicho en otro lugar, los efectos de esfuerzos de compresión, como si hubieran sido triturados entre las quijadas de una quebradora. Este templo era indudablemente una de las mejores construcciones de la población; sus muros hechos de piedra y mezcla tenían espesores variables entre uno y dos metros, habiendo sido los efectos del temblor favorecidos por la situación del templo en una eminencia, que con seguridad se sacudió enérgicamente como lo hubiera podido hacer un péndulo invertido, y esto produjo las notables destrucciones en el edificio y en la mayoría de las casas situadas en esta parte alta. Cuando la comisión estuvo en ese lugar, no habían sido removidas aún la mayor parte de las ruinas, y se veían las bóvedas del templo en el interior, formando un montón de escombros, en donde se destacaban las grandes pechinas de la bóveda central. La torre de la iglesia cayó hacia al NW. (Lámina XIII-A, fotografía 1) y debajo de ésta se encontraban aún los cadáveres de los soldados que hacían su servicio de centinelas en el momento del terremoto. Al caerse con el cuerpo de la torre quedaron sepultados debajo de ella, lo mismo que algunos otros soldados que estaban en el atrio. Los muros de la iglesia, aunque sumamente cuarteados se conservaron en pie; pero seguramente para la reconstrucción del templo, será necesario destruirlos completamente. Si el temblor hubiera tenido lugar al día siguiente, domingo a la hora en que se hubiera encontrado la gente reunida dentro de la iglesia, el número de víctimas hubiera sido mucho mayor. Según nos dijo el Presidente Municipal, habían llegado la noche del sábado gran número de comerciantes de la Sierra que se alojaron en las casas o durmieron en los portales, quienes se preparaban a vender sus mercancías al día siguiente, habiendo sido esta población flotante que ocupó la parte alta de la población durante la noche, la que sufrió más desgracias por el temblor. La población de Cosautlán pudo haber variado entre 1,500 y 1,800 habitantes por la llegada de aquellos comerciantes.

Cuando la comisión llegó a Cosautlán se iniciaba con actividad su reconstrucción bajo la dirección del señor ingeniero López, enviado desde Córdoba por el Gobierno del Estado para que se ocupara de acabar de destruir las casas que se encontraban arruinadas y levantar otras nuevas. En nuestra visita con este señor, a varios de los cuarteles más devastados, discutimos con él la conveniencia de cambiar de lugar el casco de la población, de adoptar el cemento armado para la construcción del nuevo templo, en caso de que no pudiera cambiarse de lugar el caserío; y propusimos que se construyeran casas de madera, solución esta última que parece la más práctica y económica, por la dificultad que hay en Cosautlán de conseguir materiales de construcción a precios cómodos por la falta de comunicaciones en esta fragosa porción de la Sierra Madre Oriental; y además porque las construcciones de madera son más adaptables al clima cálido de la región. Obsequiamos al señor ingeniero López varios folletos de los publicados por el Instituto Geológico acerca del arte de construir en los países en que tiembla; y cambiamos ideas con él acerca del criterio que debe regir en este importante asunto.

En cuanto al cambio de situación de Cosautlán, así como al de varias poblaciones de la región, los habitantes se oponen en general a efectuarla; alegan su cariño al terruño, los intereses creados, sus tradiciones, creencias etcétera; y es difícil, por lo tanto, realizar el cambio de las poblaciones mal localizadas para recibir los temblores de tierra. Supimos durante nuestras excursiones, que el Gobierno, tratando de prevenir desgracias futuras, había prometido a los pobladores de las localidades más afectadas, proporcionarles

tierras muy baratas, darles materiales de construcción, facilidades de transporte y toda clase de ayuda; pero no obstante esto, los habitantes insistían en quedarse en el lugar en donde se encontraban. Este hecho no es nuevo, ha sucedido lo mismo en localidades europeas visitadas por fuertes temblores y citaremos a propósito de esto las palabras del galano escritor francés Jean Cariére, (1) quien hace en su "Terre Tremblante" una descripción tan real y pintoresca de las condiciones en que se encontraron los habitantes de Calabria y Messina, durante el mes de octubre de 1907, a raíz del gran temblor que afectó tan intensamente esta región de la península Italiana. Dice Cariére, refiriéndose a las exageraciones que se cometen en la narración de las catástrofes causadas por los grandes temblores y a propósito de la ocupación de los mismos lugares y de las mismas casas después de pasados los temblores, lo siguiente:

"Muchas personas creen, por ejemplo, que la tierra se ha abierto y que ha podido tragarse seres vivientes; otros, basados en informaciones erróneas de la primera hora hablan de fragmentos del suelo desaparecidos bajo las ondas; otros, en fin, se imaginan una marea formidable que ha devorado jardines y palacios. Nada de esto es cierto: el único peligro que presenta un temblor de tierra—y esto desgraciadamente es más que suficiente para provocar desastres—es la demolición rápida de las casas y la acumulación de escombros bajo los cuales quedan sepultados los seres vivientes."

"He aquí por ejemplo lo que pasó en Messina. El choque duró 23 segundos. Durante los primeros segundos, 12 ó 13 más o menos, el choque fué oscilatorio y después durante los restantes, trepidatorio. Lo que sucedió fué que el temblor de Sur a Norte y de Norte a Sur sacudía las casas, hacía oscilar los muros, provocaba la ruptura de postes y amarres y algunas veces de los postes rotos hacía verdaderas catapultas que golpeaban los muros; después cuando esta agitación a lo largo y a lo ancho terminó, la tierra sufrió varios choques de abajo para arriba, que derribaron ya de un lado o de otro, los muros ya debilitados. Según el relato de un testigo, la tierra se portó como un caballo que para desembarazarse de su ginete, lo sacude primero y después lo derriba con un reparo."

"Por esta razón, en Reggio y Messina, casi todas las casas se cayeron, ya sea desmoronándose sobre ellas mismas o cayendo una contra la otra a través de las calles que pronto se cambiaron en montones de escombros y por esta misma razón, las tres cuartas partes de los habitantes quedaron sepultados."

"Pero cualquiera que sea la violencia del choque, si no está uno expuesto a la caída de las casas, no se tiene otro riesgo que sufrir un desvanecimiento y algunas veces la pérdida del equilibrio. Todo individuo que viva en una cabaña de madera, o bajo una tienda de campaña o en un buque en alta mar, puede dormir perfectamente tranquilo. Yo mismo he sentido en condiciones parecidas, cinco o seis choques de los cuales uno, el del 2 de enero acabó de destruir el "Palazzata" y no sufrí por eso ningún temor."

"Pero diría el lector, si esto es así, por qué los habitantes de los lugares en donde tiembla, insisten en vivir en casas de piedra. ¿Por qué no se conforman con ciudades de madera como ciertos pueblos del extremo oriente?"

"Preguntaré yo al lector: por qué vive usted en el cuarto piso de la casa, la cual puede incendiar su vecino del tercer piso sin que usted lo sepa? Por qué sube usted al elevador? Por qué monta usted en tranvía eléctrico? Por qué anda usted en automóvil? Por qué viaja usted en tren rápido? Creé usted estar fuera de todo peligro? En realidad para ser prudente debería usted dormir en una cabaña de un solo piso y en pleno campo y no viajar de otro modo que no fuera a pie o cuando mucho montado en un pacífico borrico como lo acostumbraba Sancho Panza. Si usted vive de otro modo, es porque usted

(1) J. Cariére. La Terre Tremblante. París 1909.

prefiere los riesgos problemáticos de la intensa civilización a la oscura prudencia de la vida campestre."

"Por esto lector, los habitantes de Messina y de Reggio que son de raza griega, aman más que usted la hermosura de la vida moderna y por esta razón en el mismo lugar, reconstruyeron sus ciudades con piedra labrada y esculpida, con balaustres y columnas al igual de antes. Más vale estar a sus anchas, aun con peligro, en amplios palacios de mármol que vegetar obscuramente en el campo."

Parece pues como decíamos, muy difícil en estos casos vencer las tradiciones de los pueblos para llevar a cabo un cambio en su primitiva situación. Sin embargo, insistiremos aquí el que debe modificarse la localización de los pueblos ribereños del río Huitzilapa, sino de una manera radical, cuando menos alejándolos del citado río, pues la triste experiencia de Barranca Grande y demás pueblos ribereños indica la necesidad de escapar de esas poblaciones de los trágicos efectos que causaran alguna vez los aludes o avenidas de lodo.

Teocelo, Ver. El suelo y subsuelo de la población de Teocelo que cuenta con cerca de 5,000 habitantes, están constituídos por terreno volcánico, que corresponde según hemos visto en la *reseña geológica de la región,* a las corrientes basálticas que forman una ancha faja al descender desde Jalapa por Coatepec y Xico hasta más al Sur de Teocelo. Su caserío se asienta sobre una loma, que aunque no muy elevada, sí es lo bastante para poder hacer en esta ciudad la distinción de dos barrios: el alto y el bajo. Aquí, como en Cosautlán, sufrió más la parte alta a consecuencia del temblor (Lám. XXVI-A, Fot. 1), pues en la parte baja, que puede considerarse comprendida entre la vía del ferrocarril de Jalapa a Teocelo y la plaza, hubo pocas casas parcialmente caídas y eso se debió a su mala construcción; en la calle que sube de la estación a la plaza sólo se vió una casa destruída en parte (Lám. XXVI-A, Fot. 2). En el costado E. de la plaza (cuyo lado mayor está orientado con un rumbo magnético de 2.° N. W.) se encuentra situado el hermoso templo con que contaba esta población (Lám. XXVII-A, Fot. 1), que sufrió considerablemente los efectos destructores del temblor. Al S. de la plaza y al E. de este templo se cayeron muchas casas, quedando algunas de ellas totalmente destruídas. Por el costado N. de la plaza, en el crucero de donde parte la calle que conduce a la estación, hubo tres casas también completamente destruídas (Lám. XXVII-A, Fot. 2) mientras que en el costado Poniente de la misma, casi todas las casas quedaron en pie y solamente sufrieron cuarteaduras y ligeros desperfectos.

El templo, de buena construcción de piedra y cemento de cal y arena, constaba de tres naves y un sagrario, de arquitectura gótica y sufrió los desperfectos que a continuación describimos: se cayó la parte superior de la torre Sur y con ella las campanas; se destruyó de una manera muy curiosa, pues de los cuatro pilares que sostenían su remate, los dos que ocupaban los extremos de una misma diagonal se destruyeron por completo, habiendo quedado intactos los otros dos. (Lám. XXVIII-A, Fots. 1 y 2) pudiendo así sostenerse las campanas. Se nos informó en Teocelo que un soldado se encontraba de centinela la noche del temblor en esa torre, acompañado de su mujer; murió aplastado allí mismo; mientras que la mujer fué protegida del derrumbe por una de las campanas, debajo de la cual quedó muy asustada y pudo más tarde ser salvada por un comerciante árabe, quien pocos momentos después del temblor, al oír los gritos de la mujer se aventuró a subir a la torre desde donde logró bajarla. Las fotografías 1 y 2 de la lámina citada muestran cómo quedó la torre y puede verse que en la fachada del templo se cayó parte de la cornisa situada entre las dos torres y al caer, rompió el barandal colocado arriba de las puertas del templo. La nave principal y las dos laterales sufrieron mucho, sobre todo estas dos últimas; uno de los arcos de la nave central, quedó muy resentido, con sus dovelas dislocadas y sostenidas en peligroso equilibrio (Lám. XXIX-A, Fot. 1). Las bóvedas

de las naves laterales (Lám. XXIX-A, Fot. 2 y Lám. XXX-A, Fot. 1), quedaron caídas en parte y los arcos también muy resentidos. El altar mayor fué totalmente destruído, pues la bóveda del extremo de la nave central se desplomó sobre él y las columnas del altar se rompieron, formando todo un gran montón de escombros (Lámina XVII-A, Fot. 1); todas las imágenes de los nichos cayeron y se despedazaron y casi todos los altares de los costados del templo se destruyeron, a excepción de uno de ellos cuyas columnas aunque se rompieron, no llegaron a caer, quedando apoyadas en el muro del N. Al visitar el interior del templo se notaba una destrucción mucho mayor, que la que podía apreciarse en el exterior, donde no eran tan aparentes estos efectos como en realidad lo fueron. Puede decirse que en este templo no hubo muro ni bóveda que no quedara caído o más o menos cuarteado.

Hemos dicho al ocuparnos del carácter y dirección del movimiento sísmico que en Teocelo pudimos observar movimientos aparentes de rotación de los objetos. El busto de Hidalgo giró sobre su pedestal un ángulo de siete grados. La estatua era de yeso y los rumbos respectivos del pedestal y de la base de la estatua después de movida, eran de 2.° NW. y 15° NE.; la cabeza y parte de la cara del busto se rompieron, cayendo los pedazos hacia el SE., siendo de notar que esta ruptura no fué causada por ningún objeto que hubiera caído sobre el busto, sino solamente por el choque del temblor. Los pilares y balaustres del altar mayor, hechos de piedra artificial, giraron también, pero en sentido contrario al del busto de Hidalgo y la rotación fué de un ángulo mayor: 40°; siendo el rumbo de la base casi de Oriente a Poniente y el del costado de los pilares movidos de 40° NW. Hemos dicho ya en el párrafo correspondiente, cómo pueden explicarse estos movimientos giratorios, que no corresponden en realidad a movimientos de vértice del temblor.

Según informes del señor Secretario del Ayuntamiento de Teocelo, hay en esta población 632 fincas empadronadas, que pagando el 12% anual de contribución, producen una entrada de $28,541.82 y de ese número total pueden considerarse destruídas, cuarteadas o más o menos resentidas el 60%.

Jalapa, Ver. (Para mayores detalles véase la SEGUNDA PARTE de esta memoria, en el informe relativo que rinde el señor Inspector de la Red Sismológica Nacional, don Manuel Muñoz Lumbier). Se encuentra situada esta ciudad en la dirección NE. de la zona según la cual se propagó el temblor y fué una de las poblaciones importantes, cuyos edificios sufrieron más, a pesar de encontrarse a alguna distancia del área epicentral. Sus construcciones se asientan sobre un terreno volcánico constituído por rocas basálticas y dada la importancia de esta población se encuentran en ella edificios y casas de todas categorías para cuya construcción se han usado materiales de muy variada calidad. El caserío de la ciudad se extiende como hemos dicho ya, por las faldas meridionales del cono volcánico del Macuiltepetl y ocupan una parte baja y otra elevada del terreno, estando las calles orientadas de N. a S. y de O. a P.

En el plano de esta ciudad, que acompaña el estudio del señor Muñoz Lumbier (Lám. XLIV-A), se señalan con tinta roja y azul, respectivamente, los cuarteles de destrucción máxima y de destrucción mínima, así como los edificios que se derrumbaron parcialmente o que sufrieron solamente cuarteaduras. Los edificios de la calle de Enríquez, que es una de las calles principales y de las más céntricas de Jalapa, pueden considerarse en su mayor parte de buena construcción, y sin embargo sufrieron bastante. A la llegada de la comisión a esa ciudad, se encontraban todas apuntaladas. (Lám. XXX-A, Fot. 2, y Láms. XXXI-A y XXXII-A). Estas obras de defensa llevadas a cabo después del terremoto fueron hechas sin criterio y sin dirección técnica de ninguna clase. La gran cantidad de puntales que muestran las fotografías, fué resultado de un acto de mercantilismo de albañiles y propietarios de madererías, que explotaron el estado de ánimo de los propietarios de las casas arruinadas. Muchos de estos puntales o no trabajaban o desarrollaban esfuerzos perjudiciales a la estabilidad de la construcción que aparentemente defendían.

Los edificios de la calle de Leona Vicario, situada en la parte baja de la ciudad sufrieron mucho también y son en su mayor parte de muy mala construcción. Estas dos calles, que están orientadas de Este a Oeste, se encuentran dentro del área del cuartel más devastado por el temblor. La calle que sube al calvario orientada de N. a S., sirve de eje a una zona de la ciudad que sufrió relativamente poco a consecuencia de este movimiento sísmico.

Puede decirse que en los templos de Jalapa se notan efectos destructores de mucha menor importancia que los ya descritos y que tan considerablemente afectaron los templos de las poblaciones de Teocelo y Cosautlán. En las fotografías 1, 2 y 3 de la lámina XXXIV-A pueden apreciarse estos efectos que fueron relativamente ligeros, con excepción de la iglesia de los Corazones, que perdió la parte superior de una de sus torres (Lám. cit., Fot. 3), debido a que ya desde antes del temblor se encontraba en malas condiciones. Los edificios que quedaron más maltratados fueron la mayoría de los situados en la calle de Enríquez, en la que realmente fueron muy sensibles los efectos destructores del temblor, pues no obstante la buena construcción y la buena calidad del material empleado en ella, casi todos se resintieron más o menos. Sin embargo, quedaron inmunes los muy bien construídos y citaremos entre éstos el del Banco Mercantil y la residencia de los señores Pasquel, construídas recientemente.

Los principales edificios que sufrieron derrumbes parciales y cuarteaduras, fueron los siguientes: Administración de Correos, Seminario Conciliar, Misión Presbiteriana, Palacio de Justicia, Agencia del Banco Nacional, Iglesia de los Corazones, Hotel Juárez, Hotel México; y los que sufrieron solamente cuarteaduras fueron: el Palacio de Gobierno, la Catedral, el Colegio Preparatorio, el Casino Jalapeño, los teatros Caus y Limón, la capilla del Calvario, los cuarteles, el Gran Hotel y la Estación del Ferrocarril de Jalapa a Teocelo. En el Palacio de Justicia se derrumbaron un torreón, varios muros y gran parte de la cornisa de la fachada que cayó hacia el W.; la nave central de la catedral se cuarteó longitudinalmente, habiéndose resentido ligeramente las laterales; la fachada de este edificio no sufrió en lo más mínimo, no obstante lo delicado de su ornamentación (Lám. XXXIV-A, Fot. 1); el Palacio de Gobierno se cuarteó muy poco en su parte S. y en los techos, principalmente en la parte correspondiente al departamento de archivo: el edificio de la antigua Comisión Geográfica Exploradora, que es hoy Hospital, nada sufrió debido a su buena construcción.

Las fotografías de las láminas XXXV-A, XXXVI-A y XXXVII-A, muestran los efectos destructores tanto en el exterior como en el interior de una casa situada en la esquina que forma la 11.ª calle de Zamora (continuación de la de Enríquez) con la calle de Alba. En esta casa se encontraba la tienda denominada "El Puerto de Trieste," propiedad de los señores Miguel y Fernando Vignola, quienes tuvieron que vaciarla por encontrarse en peligro de derrumbe. El ángulo superior de la casa (Lám. XXXVI-A, Fot. 1), se cayó sobre el balcón torciendo las varillas de fierro; y todos los muros tanto principales como divisorios se cuartearon arriba y a los lados de las puertas; los arcos del corredor de la casa se agrietaron mucho y hubo necesidad de sostenerlos con puntales: los notables efectos del temblor en esta casa se deben en primer lugar a su mala construcción y en seguida a su situación en esquina.

Los materiales de construcción que se emplean en Jalapa son la piedra cortada, el cemento armado, la mampostería, el tabique y el adobe; la piedra cortada, bastante bien labrada, se ha usado con éxito en los edificios más importantes de la población; el cemento armado, que es el material indicado para las construcciones asísmicas, se ha empleado hasta ahora muy poco; el tabique se usa con más frecuencia, pero algunas veces con mortero de mala calidad, lo que hace que los muros no resistan bien, como pasó en ciertas casas habitaciones, caídas en la calle de Leona Vicario, en las cuales además de esta circunstancia, se notaba que los muros eran sumamente delgados y sin amarre alguno entre ellos (Lám. XXXIII-A, Fots. 1 y 3). Las bardas ais-

ladas de gran longitud, hechas de adobes, se caen con facilidad durante un temblor, aunque tengan pilastras o cadenas de tabique, pues estos dos materiales por su diferencia de dureza relativa, no se ligan bien uno con otro; cerca de la estación del Ferrocarril de Jalapa a Teocelo, se cuarteó en toda su longitud una de estas bardas, que estaba orientada de N. a S. y cayó gran parte de ella hacia el E.

En Jalapa no se notaron en ninguna de las casas de los parques, movimientos de rotación aparente; el busto de Juárez, en el parque del mismo nombre, sufrió solamente leves desportilladuras en la parte donde se asienta sobre su pedestal.

CAPITULO VI

Fenómenos acompañantes

1.—*Efectos sobre seres orgánicos.* Las desgracias personales causadas por el temblor fueron debidas principalmente, como antes hemos dicho, a los efectos de los aludes o avenidas de lodo que al invadir repentinamente el caserío de las poblaciones situadas en las montañas, en cuyas pendientes se efectuaron los resbalamientos de terrenos sueltos o en las riberas del río Huitzilapa, quedaron sepultados en el lodo y ahogados la mayor parte de sus habitantes. Puede decirse que los muertos o heridos por los derrumbes de las casas fueron pocos. Según los datos que nos proporcionó el señor don Manuel Carbonell, Presidente Municipal de la ciudad de Jalapa, fueron en aquella ciudad de 3 y 10 respectivamente. En el siguiente cuadro constan los datos relativos a las desgracias personales habidas en las principales poblaciones del Estado de Veracruz, que fueron más perjudicadas y por él puede juzgarse del número de víctimas registrado en este temblor.

Poblaciones	Núm. de habitantes	Muertos	Heridos
Jalapa, Ver.....	20,000	3	10
Teocelo, Ver.....	5,000	35	85
Cosautlán, Ver.....	1,500	85	60
Barranca Grande, Ver.....	300	180 (1)	...
Patlanalá, Pue.....	1,500	239 (2)	2
Quimixtlán, Pue.....	.....	80	10
Izhuacán, Ver.....	.....	1	...
Ayahualulco, Ver.....	.....	25	...

(1) Ahogados en el lodo.
(2) En Patlanalá hubo un muerto por la caída de las casas y 238 sepultados en el lodo.

En la costa del Golfo, durante el temblor, el mar se agitó bastante y en Veracruz nos informaron que en la playa Norte habían aparecido, después del temblor, peces muertos en gran número (especialmente anguilas y bobos)

y que cerca de la desembocadura del río de la Antigua, se habían recogido los cadáveres de un hombre y una mujer, y cajas con mercancías, procedentes probablemente de las poblaciones arrasadas, que se encuentran a lo largo de este río, que no es otro que el de Huitzilapa o Pescados.

En San Francisco de la Peña, cerca de Puente Nacional, se encontraron también varios cadáveres; y el río de los Pescados al volver a cabar su lecho, que momentáneamente quedó desviado por el lodo de las avenidas, estuvo desenterrando por varios días cadáveres de gentes y de animales, que iba dejando a lo largo de su curso, detenidos por los obstáculos que encontraba o que condujo hasta el mar; siendo de llamar la atención que algunos cadáveres se encontraron amarrados a los troncos de árbol, que arrastró también la corriente del río; hecho que atribuían las personas que nos informaron, a que algunas de las víctimas trataban de defenderse amarrándose de los árboles, no logrando salvarse, porque el árbol mismo fué arrancado de su lugar y arrastrado con los demás despojos que llevaba la corriente.

La región del Estado de Veracruz devastada por este temblor es bastante agrícola; se cultivan en ella el café, la caña de azúcar, naranjas, limas, limón real, la zarzaparrilla, la raíz de Jalapa, etc., y varios de los plantíos de las poblaciones y de los ranchos y congregaciones ribereñas quedaron completamente perdidos, al ser cubiertos por el lodo.

2.—*Fenómenos Acústicos.* Tanto el temblor del 3 de enero como algunos de los choques subsecuentes, fueron ecompañados de ruidos subterráneos, que pueden compararse la mayor parte de las veces con truenos muy sordos; todos los habitantes de la área epicentral y aun de localidades alejadas de ella tuvieron oportunidad de oírlos; muchos de estos ruidos precedían momentáneamente a los temblores y los habitantes de las localidades cercanas al área epicentral han adquirido tal costumbre de oírlos, que se hincan luego que los oyen y se preparan con unos cuantos instantes de anticipación a recibir el temblor. Los habitantes comparan estos ruidos, según sus sensaciones particulares, a los truenos de una tempestad lejana, al ruido producido por una descarga de artillería, a zumbidos, bramidos, etc. Los que tuvimos oportunidad de oír en Cosautlán durante los temblores de la noche del 21 al 22 de enero (8 h. 52 m. p. m.) y (3 h. y 2 m.) de la madrugada fueron sumamente sordos y apenas perceptibles y parecían venir del rumbo SW. de aquella población.

En Jalapa, el señor don Alberto López, propietario del Gran Hotel, donde estuvimos alojados, nos dijo que el ruido subterráneo que allí se percibió durante el temblor de la noche del 3 de enero, fué muy fuerte, que tuvo lugar segundos antes del temblor y que era comparable al ruido que producen muchas carretas caminando sobre un piso empedrado.

El señor don Heliodoro Chimal, de Cosautlán, nos informó que había venido una especie de "zumbido" por el rumbo de Barranca Grande, y después el movimiento trepidatorio del temblor, sumamente fuerte de abajo para arriba, que él comparaba a la sensación que se experimenta en el acto de saltar.

Hemos dicho ya que en Barranca Grande, unos cuantos minutos después del choque principal que vino acompañado allí de ruidos subterráneos sordos, se oyó un segundo ruido, de la naturaleza del cual solamente pocos de los habitantes de esta congregación pudieron darse cuenta, pues procedían de la creciente del río y no era de origen subterráneo.

En las otras poblaciones situadas dentro del área epicentral, nos dijeron los habitantes, que fué tal el susto que recibieron, que no se dieron buena cuenta ni del carácter del movimiento ni de los ruidos o fenómenos que lo acompañaron.

3.—*Temblores anteriores procedentes del mismo foco.* Hemos dicho ya, que la zona conmovida por el temblor del 3 de enero de 1920 es una zona sísmica bien caracterizada del país. En efecto, desde tiempos muy remotos se tiene noticias de temblores que han asolado aquellas regiones, las que, como consecuencia de la falta de estudios anteriores, son bastante deficientes, pues en la mayoría de ellas sólo se relatan los efectos de los temblores en las

ciudades grandes y no se mencionan los habidos en pequeñas poblaciones de la sierra, alejadas de las principales vías de comunicación, ni los efectos geológicos, ni las causas probables de los movimientos respectivos. Sin embargo, por los datos que existen sobre temblores ocurridos en las principales poblaciones del Estado de Veracruz, podemos citar los siguientes como probablemente procedentes del mismo foco o de focos más o menos cercanos al del 3 de enero:

1523.—Temblor en Veracruz.

1545.—Erupción del volcán de Orizaba, en la que arrojó gran cantidad de lava y materias encendidas. Continuó arrojándolas durante muchos años. (Probablemente acompañado de temblores.)

1546.—En este año quedó arruinado el primer templo de Jalapa, construído por los franciscanos, a consecuencia de un temblor.

1566.—Erupcion del volcán de Orizaba. Arrojó lavas y materias encendidas. (No se menciona ningún temblor.)

1613.—Erupción del volcán de Orizaba.

1663.—Del 5 de febrero al 17 de julio se sintieron varios temblores en Puebla, Veracruz y otros lugares de la República.

1667.—El 30 de abril tembló en Veracruz.

1687.—Erupción del volcán de Orizaba, que se cuenta entre las más fuertes que ha tenido. (Probablemente acompañado de temblores.)

1691.—23 de agosto, eclipse total del sol y frecuentes temblores en este período de tiempo en Jalapa.

1695.—24 de agosto, se sintieron en Jalapa y en el Estado de Veracruz los temblores más fuertes que se recuerdan.

1696.—23 de agosto, víspera de San Bartolomé, fuerte temblor que se sintió en todo el Estado de Veracruz; en Orizaba se destruyó por completo la iglesia antigua y el Hospital de San Juan de Dios.

1697.—En febrero hubo un fuerte temblor en el Estado de Veracruz y otras partes de la República.

1699.—29 de septiembre, Orizaba fué asolada por un temblor.

1711.—16 de agosto, fuerte temblor que se sintió en Veracruz, Orizaba y Córdoba.

1714.—6 de febrero, a las 12 de la noche, fuerte temblor en Córdoba.

1715.—5 de mayo, este temblor causó horribles estragos en Córdoba y Orizaba.

1768.—3 y 4 de abril; fuerte temblor en Veracruz, Orizaba y Córdoba.

1776.—Del 26 de abril al 12 de mayo, hubo más de 20 terremotos que causaron estragos en varias poblaciones. Casi todos se sintieron en Veracruz.

1783.—5 de abril; se sintieron varios temblores de tierra en Veracruz y otras ciudades.

1784.—11 de diciembre; leve temblor en Orizaba.

1786.—3 de abril y 26 de junio tembló en Veracruz.

1787.—Del 28 de marzo al 17 de abril se sintieron varios temblores en Veracruz y Ulúa, siendo el más fuerte el del 30 de marzo. En el mismo año el 4 de septiembre, 7 de noviembre y 14 de noviembre, tembló en Veracruz.

1789.—14 de enero, a las 12 del día hubo un fuerte temblor en Veracruz.

1790.—20 de abril, tembló en Córdoba.

1793.—2 de marzo, tembló en Córdoba.

1800.—8 de marzo, temblor de San Juan de Dios, se sintió en Veracruz y Córdoba. En el mismo año el 17 de marzo, hubo un fuerte temblor en Veracruz y la parte Oriente de la República.

1801.—27 de julio hubo un fuerte temblor en Veracruz.

1806.—25 de marzo, temblor de La Encarnación, que se sintió en Córdoba, Jalapa y Veracruz; el 11 de julio hubo dos fuertes temblores en Orizaba y Jalapa.

1815.—3 de mayo, temblor de La Santa Cruz, que se sintió en Veracruz y otras poblaciones.

1817.—4 de abril, Viernes Santo, tembló en Córdoba y Jalapa.

1818.—31 de mayo, tembló en Orizaba, Córdoba, Perote, Jalapa y Veracruz. Toda la provincia veracruzana sufrió terriblemente en esta ocasión. Las poblaciones que sufrieron más fueron Coscomatepec y Huatusco y todas las demás que se reclinan en las faldas orientales de la montaña del Citlaltepetl, el cual cambió de forma, perdiendo la perfectamente cónica que hasta entonces tenía. (Probablemente a causa de derrumbes.)

1819.—12 de marzo, fuerte temblor en Orizaba que ocasionó la caída de la torre de la Concordia. Se sintió en San Andrés Chalchicomula y Córdoba y derribó la bóveda de la iglesia de San Juan Coscomatepec.

1820.—4 de mayo; fuerte temblor que ocasionó en los cerros algunos derrumbes y se sintió en Orizaba, Córdoba y Veracruz; fué uno de los más fuertes de este siglo.

1837.—3 de octubre; fuerte temblor en Veracruz. El mismo año el 22 de noviembre, temblor de Santa Catarina, que fué muy fuerte en Chalchicomula, Orizaba, Córdoba, Jalapa, Perote y otros lugares. El Norte en Veracruz trajo una multitud de peces muertos, entre los cuales se encuentran sargos, pargos, mulatos y huachinangos de altura, grandes y muy gordos, habitante el que menos de más de 50 brazas.

1838.—9 de enero, tembló en Veracruz. En la madrugada se escucharon allí ruidos semejantes al rodar de carretas. Flujo y reflujo cada dos minutos. En este año tembló en Huatusco los días 4 y 7 de agosto y el 9 de agosto hubo un temblor fuerte en Veracruz.

1845.—9 de marzo, tembló en Veracruz. El 6 de abril y el 7 de abril, temblor del Señor de Santa Teresa, hubo un fuerte temblor en Chalchicomula, Huamantla, San Martín, Orizaba, Córdoba, Jalapa, Perote y Veracruz. El 10 de abril volvió a temblar en Orizaba, San Andrés Chalchicomula, Córdoba, Jalapa y Veracruz; el 14 de julio hubo dos fuertes temblores en Veracruz.

1846.—1.° y 5 de enero, 30 de marzo, 7, 16 y 25 de abril y 29 de noviembre, temblores en Orizaba.

1847.—8 de enero, tembló en Orizaba y toda la costa de Sotavento; el 11 de julio en Orizaba y Veracruz; el 8 de septiembre en Orizaba.

1848.—3 de mayo, temblor de la Santa Cruz, se sintió en varios lugares del Estado de Veracruz.

1849.—25 de octubre a las 10 h. 50 m., a. m. temblor oscilatorio de E. a W. en Córdoba.

1851.—5 y 6 de noviembre, tembló en Córdoba y Orizaba.

1852.—4, 5, 6 y 7 de diciembre, tembló en San Andrés Chalchicomula, Orizaba, Córdoba, Jalapa y Veracruz.

1854.—5 de mayo, temblor oscilatorio, fuerte, de E. a W. en Jalapa; este temblor duró 90 segundos en Córdoba, maltratando la parroquia y la mayor parte de los edificios públicos y casas particulares; se sintió también en Orizaba, San Andrés Chalchicomula y Veracruz. El día 2 de octubre del mismo año se arruinó a consecuencia de un temblor de tierra en San Juan Coscomatepec, una parte de la iglesia en construcción.

1855.—1.° de febrero, dos fuertes temblores en Jalapa a las 11 h. 7 m. y 11 h. 20 m., p. m. que se sintieron también en Orizaba y Córdoba, sintiéndose otros el 28 de febrero en Jalapa, Veracruz, Córdoba y Orizaba.

1856.—13 de mayo, a las 6 p. m. tembló en Teocelo; el 17 de mayo entre 3 y 4 a. m. hubo un temblor oscilatorio ligero en Veracruz; el 21 de mayo a las 7 p. m. en Teocelo y el 29 de mayo a las 12 h. 45 m., p. m. tembló nuevamente en Teocelo.

1857.—18 de mayo, a las 8 h. 40 m., p. m. tembló en Córdoba y el 19 de agosto del mismo año en Orizaba y Córdoba.

1858.—19 de junio, fuerte temblor en San Andrés Chalchicomula y Orizaba; en Córdoba se sintió este temblor a las 9 h. 16 m., a. m. primero oscilatorio de E. a W., después de N. a S., terminando en trepidación, durando 50 segun-

dos. En Jalapa se sintió fuerte a las 9 h. 10 m., a. m. y repitió el siguiente día a la misma hora.

1860.—2 de marzo, a las 12 h. 20 m., p. m. temblor oscilatorio en Jalapa.

1864.—3 de octubre, temblor de San Gerardo; este temblor fué fortísimo en Orizaba a la 1 h. 55 m., a. m. empezando por trepidaciones violentas, cambiando luego a oscilaciones de N. a S. y terminando en movimiento circular. Durante el temblor se escucharon ruidos subterráneos, sordos y prolongados que parecían venir del Citlaltepetl. Rancheros llegados a Orizaba dicen que una hora antes del temblor oyeron salir del cráter del Pico de Orizaba un ruido como cañonazo. El temblor duró dos minutos, muchos edificios padecieron y se cayó la torre de la iglesia. En Córdoba se sintió el temblor poco antes de las 2 a. m. con duración de 1 minuto, siendo al principio trepidatorio y al final oscilatorio. Muchos edificios sufrieron desperfectos. En San Juan de los Llanos fué fuerte a las 2 a. m. derribando la iglesia. En San Andrés Chalchicomula, a las 2 h. 10 m., a. m.; hubo varias desgracias personales y sufrieron las casas y templos. El temblor fué primero oscilatorio de E. a W. Se observaron varias grietas en la sierra del volcán de Orizaba. En Tehuacán quedó casi destruída la población. Este temblor se sintió también fuerte en Soledad y Paso del Macho y en Veracruz; fué primero trepidatorio y después oscilatorio a la 1 h. 50 m., a. m.

1866.—2 de enero, fuerte temblor a las 6 h. 35 m., p. m. en Orizaba, primero oscilatorio de E. a W. terminando en trepidatorio, durante 20 segundos, hubo deterioros en los edificios; en Córdoba a la misma hora con los mismos caracteres. San Andrés Chalchicomula sufrió mucho con este temblor. Antes del terremoto se escucharon allí ruidos subterráneos, que parecían venir de Norte a Sur. El temblor mismo fué en San Andrés primero trepidatorio y luego oscilatorio de Norte a Sur, cambiando después de Este a Oeste. Casi todas las casas de la población se vinieron al suelo. En Veracruz fué fuerte, oscilatorio, lo mismo que en Maltrata. En Coscomatepec quedó totalmente destruída la iglesia nueva.

El día 10 de mayo del mismo año tembló nuevamente en Orizaba a las 9 h., 30 m., a. m. primero trepidatorio, después oscilatorio de Norte a Sur; en Córdoba presentó los mismos caracteres; en Jalapa se sintió a las 9 h. 45 m., a. m., primero trepidatorio, después oscilatorio de E. a W. con duración de 20 segundos; en Veracruz se sintieron oscilaciones ligeras de Norte a Sur entre las 9 h. 30 m. y 10 h., a. m.

1868.—22 de mayo, temblor oscilatorio de E. a W. a las 12 h. 28 m., p. m. en Orizaba y Córdoba; con los mismos caracteres se sintió en Veracruz a las 12 h. 33 m., p. m. con duración de 50 segundos.

1870.—11 de mayo, a las 11 h. 30 m., p. m., fuerte temblor oscilatorio de E. a W. en San Andrés Chalchicomula; en Orizaba fué precedido por una fuerte detonación. El temblor fué sumamente fuerte en esta ciudad, siendo primero trepidatorio y después oscilatorio de E. a W., terminando en trepidación; su duración fué de 40 segundos y muchos edificios sufrieron. En Córdoba, Paso del Macho y Jalapa se sintió a la misma hora, trepidatorio primero y después oscilatorio de E. a W. En Jalapa duró 90 segundos. En Perote se sintió a las 11 h. 26 m., p. m., siendo oscilatorio, de NW. a SE., primero, cambiando luego de E. a W., con una duración de 40 segundos. En Veracruz se sintió a las 11 h. 32 m., p. m., trepidatorio primero y después oscilatorio de E. a W., durando ahí 35 segundos.

1871.—6 de febrero, a las 5 h. 50 m., p. m. oscilatorio de E. a W. en Puebla, Córdoba y Orizaba; en Veracruz se sintió otro temblor el mismo día a las 7 h., p. m., oscilatorio de E. a W., con duración de 10 segundos.

1872.—27 de marzo, temblor del Miércoles Santo a las 7 h. 52 m., a. m. se sintió en San Andrés Chalchicomula, Jalapa, Córdoba, Orizaba y otros lugares.

1873.—8 de febrero, a las 4 h., a. m., se sintió un temblor ligero oscilatorio en Orizaba, Córdoba y Veracruz.

1874.—7 de enero, temblor trepidatorio en San Andrés Chalchicomula acompañado de ruidos subterráneos. En la misma población volvió a temblar el 12 de enero a las 3 h. 10 m. y a las 7 h., a. m., siendo el primero más fuerte

que el del 7 de enero y también acompañado de ruidos subterráneos. El 13 de noviembre tembló nuevamente en San Andrés a las 3 h. 50 m., a. m., sintiéndose este temblor también en Jalapa a las 3 h. 55 m., a. m., donde se derrumbó el convento de San Francisco; en Veracruz se sintió a las 4 h. a. m., y en Orizaba y Córdoba fué fuerte trepidatorio a las 3 h. 55 m., a. m.

1875.—28 de noviembre, a las 8 h. 40 m., p. m. temblor fuerte oscilatorio de N. a S. en Orizaba, con duración de 5 segundos y a las 8 h. 33 m., p. m., oscilatorio de N. a S. en Córdoba con duración de 3 segundos.

1877.—3 de julio, temblor corto y fuerte, trepidatorio a las 11 h., 8 m. p. m. en Orizaba.

1877.—3 de julio, temblor corto y fuerte, trepidatorio a las 11 h., 8 m., p. m. en Orizaba.

1879.—28 de enero; a las 3 h. 25 m., a. m., temblor ligero oscilatorio de NW. a SE. en San Andrés Chalchicomula, Córdoba, Veracruz y Jalapa. En el mismo año, el 17 de mayo, a las 5 h. 10 m., a. m., tembló en San Marcos, a las 5 h. 03 m., en Soledad, oscilatorio ESE. a WNW., principiando con trepidación y durando de 25 a 30 segundos; a las 5 h. 15 m., a. m., se sintió oscilatorio de E. a W. en Perote, durando 11 segundos; a las 5 h. 15 m., a. m., en Jalapa, primero trepidatorio, después oscilatorio, de 16 segundos de duración; a la misma hora se sintió en Orizaba, siendo al principio oscilatorio de N. a S., seguido por 3 temblores trepidatorios y terminando por oscilaciones con duración total de 16 segundos. Este temblor fué acompañado por ruidos subterráneos de 10 segundos de duración y hubo algunos derrumbes. En Córdoba tembló este mismo día a las 5 h. 10 m., a. m., primero trepidatorio, luego oscilatorio, durando el terremoto 10 segundos. Varios edificios se cuartearon, como en Orizaba sucedió. A las 5 h. 15 m., tembló en Veracruz con oscilaciones de N. a S., seguido por varios choques trepidatorios acompañados con ruidos subterráneos, durando el temblor 40 segundos. En el mismo año, el día 1.° de diciembre, se sintieron cuatro oscilaciones de E. a W. a las 2 h. 59 m., p. m., en Orizaba, precediendo a este temblor fuertes ruidos subterráneos. En Córdoba se sintió este temblor a las 3 h., p. m., oscilatorio de N. a S., acompañado por ruidos subterráneos y durando 25 segundos. En Fortín fué oscilatorio de N. a S. a las 2 h. 44 m., p. m. En Soledad, Esperanza y Veracruz se sintió a la misma hora, siendo el movimiento trepidatorio primero y oscilatorio después, con duración de 8 a 10 segundos.

1880.—21 de enero; a las 9 h. 30 m., p. m., se sintió un ligero temblor oscilatorio de E. a W. en Veracruz. El día siguiente, 22 de enero, tembló a las 4 h. 39 m., a. m., en Esperanza, con oscilaciones de N. a S. y con duración de 15 segundos; en Orizaba y Córdoba se sintieron oscilaciones fuertes de E. a W. a las 4 h. 55 m., a. m., durante 15 segundos; en Veracruz tembló a las 5 h. 15 m., a. m., con oscilaciones de E. a W. y en Boca del Monte se sintió el sismo oscilatorio a las 5 h., a. m., durante 10 segundos. El día 2 de mayo, a las 9 h., a. m., se sintió un temblor ligero oscilatorio en Córdoba y Orizaba, y a las 9 h. 35 m., a. m., una oscilación ligera de 4 segundos en Fortín. El 3 de diciembre tembló en Orizaba y varias poblaciones de los Estados de Veracruz y Puebla. El 5 de diciembre se sintió una oscilación ligera en Orizaba a las 4 h., p. m.

1881.—25 de febrero; temblor ligero entre 12 y 1 a. m. en Córdoba. El 27 de mayo hubo un temblor ligero oscilatorio de N. a S., a las 12 h. 40 m., p. m., en Córdoba y en Orizaba. El 30 de mayo tembló en Córdoba y Orizaba. El 16 de agosto se sintió un temblor oscilatorio en la tarde en Córdoba; volviendo a temblar en la misma ciudad el 5 de octubre, a las 8 h., p. m., con movimiento oscilatorio, y el 3 de diciembre se sintió un temblor ligero a las 8 h., a. m., en Orizaba y Córdoba.

1882.—8 de abril; temblor ligero oscilatorio a las 3 h. 25 m., p. m., en Orizaba, Córdoba y Esperanza; trepidatorio a las 3 h. 45 m., p. m., con duración de 3 segundos en Huatusco.

El día 19 de julio se sintió un temblor oscilatorio fuerte que terminó con oscilaciones de E. a W. y con duración de 45 a 50 segundos, a las 2 horas 35 minutos, p. m. Por causa de este temblor, se derrumbaron algunas rocas de la

Malinche. En Esperanza se sintió este temblor, primero trepidatorio después oscilatorio de E. a W., a las 2 h. 35 m., p. m., siendo fuerte y largo. En San Marcos duró este terremoto 19 segundos, habiendo principiado a las misma hora. En Orizaba, a las 2 h. 48 m., p. m., fué primero trepidatorio fuerte, cambiando luego a oscilatorio de NE. a SW., terminando con oscilaciones de E. a W.; la duración en esta ciudad fué de sesenta segundos y se escucharon durante el temblor ruidos subterráneos.

En Fortín fué de oscilaciones de N. a S. y duró 35 segundos; en Córdoba fué primero trepidatorio y después oscilatorio durante 25 segundos; en Veracruz se sintió oscilatorio durante 20 segundos a las 2 h. 27 m., p. m., y en Coscomatepec principió a las 2 h. 40 m., p. m., con trepidaciones, terminando con oscilaciones de N. a S.; en Jalapa y Perote fué oscilatorio de N. a S. a las 2 h. 35 m., p. m., con duración de 45 y 35 segundos, respectivamente; en Huatusco fué este temblor de trepidación primero, terminando con oscilaciones de N. a S. y después de E. a W., a las 2 h. 35 m., p. m., y con duración de 90 segundos. Este temblor ocasionó varios derrumbamientos en el Cofre de Perote y en la Sierra de Orizaba.

1883.—7 de febrero: temblor ligero oscilatorio a las 4 h. 12 m., p. m., en Maltrata; el 15 de febrero, a las 9 h. 25 m., p. m., temblor oscilatorio de N. a S. en Córdoba; el 13 de agosto tembló dos veces en Orizaba con oscilaciones de N. a S. a las 7 h. 25 m. y a las 11 h. 07 m., p. m.; el 8 de octubre volvió a temblar en Orizaba a las 11 h. 45 m., a. m., siendo el movimiento oscilatorio de N. a S., precedido por ruidos subterráneos, y a la misma hora se sintieron movimientos oscilatorios en Esperanza, Córdoba y Coscomatepec. El 24 de octubre, a las 11 h. 30 m., a. m., hubo un temblor en Huatusco, oscilatorio, al principio ligero, terminando fuerte con dirección de N. a S.; en Orizaba se sintió un temblor a las 11 h. 22 m., p. m., precedido por ruidos subterráneos, siendo las oscilaciones fuertes de E. a W.; en Coscomatepec fué de oscilaciones fuertes de N. a S., y en Esperanza se sintió a las 11 h. 45 m., p. m., siendo el movimiento oscilatorio de N. a S.

1884.—El 7 de enero tembló ligeramente en Orizaba en la noche, siendo el movimiento oscilatorio. En la misma ciudad volvió a temblar el 26 de agosto a las 6 h. 50 m., p. m., oscilatorio de N. a S., con duración de 3 segundos, repitiendo poco después con movimiento giratorio de 1 segundo de duración; el 18 de noviembre, a las 2 h. 20 m., a. m., se sintió un temblor ligero, y el 20 de noviembre hubo un temblor ligero oscilatorio de N. a S., a las 7 h. 15 m., a. m., en la misma ciudad.

1887.—4 de marzo; tembló en Córdoba, con movimiento oscilatorio ligero a las 6 h. 30 m., p. m.; el 5 de marzo se sintieron 14 sacudidas a las 6 h. 46 m., a. m., con dirección de SE. a NW., durando el temblor 122 segundos. El 29 de mayo tembló a las 3 h., a. m., en San Andrés Chalchicomula, con oscilaciones de N. a S.; a las 2 h. 48 m., se sintieron oscilaciones durante 20 segundos en Esperanza; a las 2 h. 43 m., a. m., oscilaciones de N. a S. en Córdoba, y en Jalapa y Coatepec, a las 2 h. 50 m., a. m., oscilaciones también de N. a S., durando el temblor en Jalapa 20 segundos. En la madrugada del día 6 de julio se sintió un temblor oscilatorio de 23 segudos en Orizaba, y en la misma ciudad el 13 de julio, a las 3 h. 42 m., a. m., hubo un temblor oscilatorio de duración instantánea. El 1.° de agosto se sintió un temblor oscilatorio a las 8 h. 20 m., p. m., en Córdoba, y a las 8 h. 30 m., p. m., con duración de 20 segundos, primero trepidatorio, después oscilatorio en Orizaba. El 28 de agosto hubo oscilaciones ligeras en Orizaba a las 5 h. 22 m., 5 h. 33 m., 5 h. 46 m. y 6 h. 10 m., p. m. Durante el mes de septiembre se sintieron temblores en Orizaba los días 2, 3, 7, 8, 9, 13, 14, 17, 22, 23, 24, 25, 27 y 28, siendo todos éstos ligeros. Durante el mes de octubre, también en Orizaba, se registraron temblores ligeros los días 1, 2, 7, 8, 9 y 12, el día 10 a las 5 h. 58 m., p. m., y a las 6 h. 12 m., p. m., siendo el último acompañado por ruidos substerráneos. En el mes de diciembre hubo en la misma ciudad un temblor el día 13, a las 5 h. 21 m., a. m., siendo oscilatorio de NE. a SW., con duración de 3 segundos, y el día 14, a las 4 h. 17 m., p. m., oscilatorio de W. a E., con duración de 3 segundos.

1888.—26 de febrero; se registró un temblor oscilatorio en Orizaba y Veracruz; el 17 de abril se registraron dos temblores en Orizaba, a las 7 h. 57 m., p. m., el primero oscilatorio de E. a W. de 1 segundo, y el segundo más fuerte que el anterior, oscilatorio de S. a N. de 2 segundos de duración. El 1.° de julio volvió a temblar en Orizaba a la 1 h. 57 m., a. m., siendo el movimiento oscilatorio de WSW. a ENE., con duración de 6 segundos. En el mes de octubre se registraron dos ligeros temblores en la misma ciudad el día 7, a las 7 h. 40 m., p. m., y el día 10, a las 10 h. 25 m., a. m.

1889.—Durante este año se registraron los siguientes temblores en Orizaba: 22 de febrero, a las 9 h. 52 m., a. m.; 4 de abril, a las 4 h. 20 m., a. m.; 31 de mayo, a las 4 h. 41 m., a. m.; 2 de julio, a las 11 h. 25 m., p. m.; 21 de julio, a las 3 h. 31 m., 5 h. 32 m., y 8 h. 03 m., a. m.; 27 de agosto, a las 8 h. 19 m., p. m., siendo este movimiento primero oscilatorio y después trepidatorio; este temblor se sintió también en Córdoba; 1.° de octubre, a las 12 h. 12 m., p. m.; 7 de octubre, a las 8 h. 02 m.; 23 de octubre, a las 6 h. 59 m., a. m., siendo este temblor oscilatorio; 11 de diciembre, a las 8 h. 00 m., a. m. Todos estos temblores tuvieron de intensidad la correspondiente al grado XI de la escala de Rossi-Forel, con excepción del día 27 de octubre, cuya intensidad corresponde al grado III de la misma escala.

1890.—En la misma ciudad de Orizaba se registraron en este año los siguientes temblores: 11 de febrero, a las 3 h. 19 m., a. m., oscilatorio de NW. a SE., intensidad, XI; marzo 18, a las 9 h. 00 m., a. m., intensidad, XI; 29 de marzo, a las 9 h. 31 m., a. m., intensidad, XI; 18 de abril, a las 9 h. 30 m., a. m., oscilatorio de N. a S. y E. a W., intensidad, XI; 22 de abril, a las 7 h. 05 m., p. m., oscilatorio de N. a S. y de NW. a SE., intensidad, XI; 10 de mayo, a las 12 h. 38 m., a. m., oscilatorio de NW. a SE.; 10 de junio, a las 10 h. 38 m., a. m., oscilatorio de SW. a NE. y de W. a E., intensidad, XI; 29 de septiembre, a las 4 h. 00 m., p. m., oscilatorio de N. a S. y de SW. a NE., intensidad, XI; 16 de octubre, a las 6 h. 49 m., a. m., oscilatorio de N. a S. y de E. a W.; intensidad, XI; 26 de octubre, a las 2 h. 11 m., p. m., oscilatorio de SE. a NW. y de SW. a NE., intensidad, XI; 1.° de diciembre, a las 6 h. 58 m., p. m., intensidad, XI; 2 de diciembre, a las 6 h. 03 m., p. m., se sintió también en Córdoba, Paso del Macho y Veracruz, y fué en Orizaba oscilatorio de NNW. a SSE. y de SW. a NE., con una intensidad correspondiente al grado VI de la escala Rosso-Forel; sonaron las campanas de la parroquia y se paró el reloj, mientras que produjo mareo en las personas; 7 de diciembre, a la 1 h. 54 m., p. m., intensidad, XI, y el 31 del mismo mes, a las 10 h. 07 m., p. m., también de intensidad XI.

Hemos creído conveniente, para dar idea de la sismicidad de la línea que une a la ciudad de Orizaba con el volcán de El Citlaltepetl, línea orientada 45 grados NW., incluir la Roseta sísmica de dicha ciudad, construída con los datos de C. Mottl.

4.—*Temblores subsecuentes.*—Este megasismo, como casi todos los grandes temblores, fué precedido de algunos otros y seguido después por numerosos choques, que estuvieron efectuándose durante todo el resto del mes de enero y los meses de febrero, marzo y abril. Según informes que tuvimos en la localidad el día 2 de noviembre del año anterior de 1919, se sintieron en Chilchotla, Quimixtlán y Patlanalá, dos temblores fuertes: uno un poco después del medio día y el otro a las 7 h. 15 m., de la noche; éstos fueron los que precedieron al terremoto del 3 de enero próximo pasado. Los choques subsecuentes fueron una serie de numerosos y repetidos macrosismos en la zona epicentral; algunos de los cuales se hicieron sentir en Jalapa y algunas otras poblaciones del Estado de Veracruz. De esta serie, los que se sintieron con más o menos intensidad, fueron los de la misma noche del terremoto; y pocos días después los días 21, 22, 23, 28 de enero y 9 de febrero.

En la SEGUNDA PARTE de esta Memoria, se tratará con mayor detalle de los choques subsecuentes desde el punto de vista sismográfico; aquí sólo consignamos los resultados de nuestras observaciones macrosísmicas en el terreno.

CAPITULO VII

Conclusiones generales y causa del temblor

En los párrafos anteriores hemos expuesto los datos recogidos y las observaciones que pudimos hacer durante nuestras excursiones a través de la zona más conmovida por el temblor del 3 de enero de 1920, datos y observaciones que se refieren a la fisiografía, hidrografía, geología y tectónica de esa zona; así como el carácter, propagación, extensión, intensidad, etc., del movimiento sísmico y sus efectos mecánicos. Trataremos ahora de utilizar estos datos y observaciones para investigar la causa probable de este megasísmo.

Como hemos visto, su área epicentral se encuentra en una porción sumamente dislocada de la Sierra Madre Oriental. Esta porción corresponde a un tramo orientado casi de N. a S. de dicha Sierra, que se desvía notablemente de la dirección general de esa importante cordillera, que es sensiblemente paralela a la costa del Golfo. Está situada esta región en la parte más elevada de la vertiente oriental de la Sierra mencionada, puesto que cerca de ella se encuentra la montaña más alta de la República Mexicana (el volcán de Orizaba), y es una zona de las más inestables, pues han sido numerosos los temblores que ha habido en tiempos pasados, los cuales han tenido su origen en esta zona, que es por consiguiente claramente sísmica, como lo podemos ver por los datos consignados en el capítulo anterior.

Al tratar de los rasgos fisiográficos característicos de esta zona, hemos visto que en la formación de su relieve topográfico han intervenido principalmente las dislocaciones de las rocas cretácicas sedimentarias, que aparecen allí plegadas, torcidas o fracturadas, mostrando claramente los efectos de los esfuerzos orogénicos que fracturaron y dislocaron los estratos de esas rocas, produciendo accidentes de desnivelación del terreno, que han dado lugar a la formación de valles alargados o a fosas profundas. Los accidentes orográficos de esta región, con sus elevadas sierras, cuyas laderas bajan bruscamente hasta el fondo del lecho del Río de Los Pescados, y con sus líneas principales de drenaje coincidiendo con las dislocaciones del suelo, tienen estrechas relaciones con su estructura geológica.

Al hablar de la tectónica del cretácico medio mexicano, hemos hecho notar que esta división, juntamente con la inferior, son las que más movimientos y dislocaciones han sufrido en los tiempos geológicos pasados y hemos señalado en los sedimentos cretácicos (del cretácico medio), que constituyen el material de las referidas altas sierras de la región, sistemas de fallas y fracturas cuyas direcciones se han enumerado, sistemas que dividen a la región en blocks orográficos.

Si admitimos con Suess, que las rocas ígneas han desempeñado en la constitución de la corteza terrestre en general, un papel enteramente pasivo y que, al bascular los estratos que pesan sobre ellas, éstas escapan y aparecen en la superficie, cuando cesa la presión que estos estratos ejercen; y es natural que las dislocaciones y fallas hayan servido de salida a la mayor parte de las rocas efusivas que hoy existen en la región, contribuyendo así a elevar su relieve topográfico; y hemos dicho de acuerdo con estas ideas, que para nosotros, la serie de crestas que unen el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote, cuya orientación magnética es de 7° NE., coincide con una línea volcano-tectónica de gran sismicidad.

La estrecha relación que hay entre las dislocaciones y la aparición muchas veces según ellas de cráteres volcánicos o masas de rocas ígneas alineadas, hace pensar en relaciones de causa y efecto entre la tectónica y el vulcanismo.

En la región del Estado de Veracruz que recorrimos, encontramos las huellas de una gran actividad volcánica pasada, pero en el área epicentral misma, aunque existen rocas volcánicas, sobresale principalmente la red de fallas ya descrita, en la cual las de los sistemas EW. y 57° NE. parecen

haber sido las más conmovidas durante el temblor que nos ocupa, a juzgar por el alineamiento de los enormes derrumbes que se produjeron en las cimas y faldas de las montañas, situadas dentro del área epicentral; derrumbes que revelan movimientos a lo largo del plano de las fallas. Estos movimientos, posteriormente al temblor del 3 de enero, parecen haber tenido lugar también según este plano, pero en distintos puntos de él, como parecen probarlo las pequeñas variaciones de las distancias epicentrales que corresponden a los choques subsecuentes registrados por el sismógrafo vertical que se instaló en Jalapa; estas distancias estuvieron variando entre 30 y 45 Km., y ya hemos dicho, que esto parece indicar la migración del foco a lo largo del plano de falla.

Podemos pues considerar la causa del temblor del 3 de enero de 1920, como un movimiento del block orogénico complexo, comprendido entre las poblaciones de Chilchotla y Patlanalá y limitado por fallas de los sistemas NS., EW. y 57° NE., habiéndose manifestado el movimiento especialmente a lo largo de los planos de las fallas pertenecientes a los dos últimos sistemas que acabamos de citar.

Por el estudio que antecede, puede llegarse a las conclusiones siguientes:

1). El área epicentral del temblor del 3 de enero de 1920, estuvo localizada en una porción de la Sierra Madre Oriental, situada entre las poblaciones de Patlanalá y Chilchotla, cerca de la cresta de esta sierra, comprendida entre el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote y en su vertiente oriental.

2). Esta área es de forma triangular, corresponde a una fracción de las formaciones sedimentarias del Cretácico Medio mexicano, que se encuentran allí muy plegadas, fracturadas y dislocadas.

Alcanza esta área una superficie de 70 a 90 kms. cuadrados. Quedando comprendida en su mayor parte en terrenos de la jurisdicción política del Distrito de San Andrés Chalchicomula, en el Estado de Puebla, en la región limítrofe de este Distrito con el Estado de Veracruz.

3). El movimiento sísmico fué muy violento y sumamente fuerte, habiéndose efectuado su propagación según una zona alargada orientada de SW. a NE. (37° NE. magnético), según la cual alcanzó el movimiento su máximum de intensidad y en ella se acentuaron más las destrucciones, habiendo sido éstas muy notables en las poblaciones de Cosautlán, Teocelo y Jalapa, extendiéndose según la dirección indicada el área megasísmica desde San Andrés Chalchicomula hasta Jalapa.

4). Los efectos geológicos del temblor consistieron principalmente en derrumbes en las montañas y resbalamientos de terrenos sueltos en sus laderas, los que humedecidos por la lluvia y sobre todo acompañados por el alumbramiento brusco de manantiales en el momento del terremoto, formaron avenidas o aludes de lodo que fueron muy desastrosos por la magnitud con que se presentaron y que pueden considerarse como una de las características del terremoto.

5). El origen del temblor fué tectónico y producido probablemente por movimientos que se efectuaron según los planos de las fallas de los sistemas EW. y 57° NE., que se encuentran cerca del nacimiento del Río Huitzilapa o de Los Pescados.

6). La zona en que se originó este temblor corresponde a una antigua zona sísmica bien caracterizada del país, en la cual han estado localizados los epifocos de numerosos temblores que se han registrado con intensidad en tiempos pasados; y es probable que en épocas futuras vuelvan a producirse otros movimientos que afecten nuevamente este territorio de la República.

7). En previsión de futuros temblores, es un deber del Gobierno intervenir directamente en la vigilancia de las construcciones que se levanten de nuevo en las poblaciones destruídas; y los ingenieros al reedificar casas y edificios públicos, deberán sujetarse a las reglas que se han publicado en varias ocasiones por el Instituto Geológico sobre el arte de construir en países en que tiembla; deberán elegirse sitios bien situados topográfica y geoló-

gicamente para emplazar las construcciones; alejándolas, al menos, de los lechos de los ríos y de las faldas de las montañas, lugares en que fueron tan trágicos los efectos de las avenidas de lodo.

8). Por último, indicaremos aquí la conveniencia de hacer obligatoria por la ley la aplicación de estas reglas y cambiar de localidad sobre todo los edificios públicos, tales como templos, escuelas, cuarteles, oficinas, etc.; pues de no hacer esto, los pueblos de esta región volverán a quedar expuestos a los mismos peligros y desastres que produjo el terremoto que estudiamos.

México, D. F., 1.º de mayo de 1920.

Teodoro Flores,
Ingeniero de minas.

SEGUNDA PARTE

ADVERTENCIA

Como siempre sucede en el caso de un megasismo, su estudio principia por las observaciones sismográficas que se hacen en las estaciones de la Red Sismológica, de tal manera, que siguiendo un orden cronológico esas observaciones deberían figurar en la primera parte de la Memoria; pero para describir el fenómeno sísmico en la forma más completa, de tal manera que el conjunto de él y sus características más notables no se perdieran en detalles y accidentes, pensamos en que la forma mejor ajustada al orden sería anteponer los datos recogidos en el campo por la comisión que visitó en primer lugar la zona megasísmica del Estado de Veracruz; y dar en seguida los datos instrumentales que contiene el informe del señor inspector de la Red Sismológica que formó parte de la comisión y las observaciones del jefe de la Estación Sismológica Central. A continuación se expone el estudio sismográfico completo, utilizando las indicaciones de los sismógrafos de la Red Nacional y los datos de algunas estaciones extranjeras. Las pequeñas diferencias que puedan notarse entre las observaciones sismográficas del primer momento, y las que se consignan en el estudio posterior no indican discrepancias censurables; por el contrario, son la mejor prueba de la unidad de acción e independencia de criterio con que se han realizado; y demuestran simplemente que al verificarse el estudio sismográfico se tenían a la vista los datos geológicos, tectónicos y macrosísmicos de la región estremecida y los sismográficos de un número mayor de estaciones. Por lo tanto, el trabajo era más fácil, se podían enlazar, y discutir las observaciones y discernir su importancia con mejores juicios. Así es que el criterio final ha sido más amplio y a la vez más concreto que en los primeros momentos de la catástrofe. En resumen, no hay contradicciones ni repeticiones inútiles al presentar en esta forma la segunda parte de la Memoria, sólo existe una comprobación provechosa de los datos obtenidos, lo que está de acuerdo con el proceder de todas las ciencias de observación, que ensanchan su criterio y establecen conclusiones con el acopio de datos.

I

Informe que sobre los fenómenos sísmicos del 3 de enero de 1920, rinde el inspector de la red sismológica

La noche del 3 de enero último, los sismógrafos de la Estación Sismológica Central, registraron varios temblores, siendo el de mayor intensidad el que principió a las 9 h., 48 m. 03 s. (tiempo medio de Tacubaya) y que fué sentido por todas o casi todas las personas, pues su intensidad alcanzó en México, el grado IV de la escala absoluta de Cancani.

En atención a que actualmente la Red Sismológica Nacional ha pasado por una crisis, bien lamentable por cierto, varias de sus estaciones han dejado de funcionar, pues las de Mérida, Zacatecas, Monterrey y Guadalajara hace tiempo que quedaron fuera de servicio; únicamente las de Mazatlán y Oaxaca trabajaban, aunque de manera deficiente. Por este motivo, en los temblores de que se ocupa el presente estudio, fué muy difícil situar, desde luego, la porción epicentral. La dirección del Instituto Geológico trata de reorganizar a la mayor brevedad la Red Sismológica y crear algunas estaciones más, que permitan hacer el estudio completo de aquellos temblores que tienen lugar en territorio nacional. Así, los fenómenos del día 3 de enero habrían sido observados ventajosamente, si en las ciudades de Puebla y Veracruz, por ejemplo, se hubiera dispuesto de estaciones sismológicas, pues en estos lugares la intensidad de los movimientos no habría causado ningún desperfecto en los instrumentos y, por lo tanto, las fases de los temblores habrían sido registradas con toda claridad, permitiendo localizar el foco con precisión; estas estaciones vendrían a aumentar el campo de acción de la red actual.

La catástrofe del 3 de enero nos ha venido a recordar una vez más la necesidad de legislar prohibiendo cierta clase de construcciones que ponen en peligro la vida de sus moradores y la pérdida de capitales; y además, la importancia de que se establezcan en el país estaciones sismológicas en número suficiente y condiciones determinadas, divulgando los conocimientos sobre la ciencia sismológica, a fin de evitar, o por lo menos disminuir los efectos de los terremotos. Los gastos que estos estudios demanden no deben conceptuarse como perdidos, pues para saber dónde es de esperarse que se produzcan temblores, y por lo mismo, prevenir a los habitantes de las regiones afectadas, hay necesidad de hacer observaciones sistemáticas y continuas, dotando al país de una red completa.

De gran utilidad habrían sido los datos que suministraran personas de criterio, respecto de los temblores del 3 de enero en las regiones afectadas; pero desgraciadamente esta ha sido una de las veces en que se han alterado más las noticias, imprimiendo a los acontecimientos un giro fantástico y dando proporciones a la catástrofe, que afortunadamente no tuvo. Aquí debemos hacer mención del sinnúmero de falsedades asentadas en todos los diarios de la metrópoli.

Para evitar toda alteración en las noticias que provienen de las poblaciones en que tiembla con frecuencia, podría crearse una especie de policía sismológica, así como la hay minera, encomendando a personas de cierta ilustración y de buen criterio, la adquisición de los datos, siempre que un fenómeno sísmico tuviera lugar, para lo cual se dividiría la población en cuarteles, teniendo el jefe de cada uno la obligación de formar estadísticas, dar avisos, noticias, etc. Esto sería de gran interés para el estudio de la sismología, cuyo campo bien yermo aún se encuentra en nuestro país.

Nuestras observaciones instrumentales las hicimos en Jalapa con un sismógrafo vertical de Wiechert de 80 kilogramos de masa, instalado provisionalmente en la Escuela Industrial de Señoritas. Dicho instrumento era el único en disponibilidad, habiendo sido indispensable uno horizontal para el estudio completo de los movimientos.

2.—LOS CHOQUES PREMONITORES

En algunos puntos del Estado de Veracruz aseguran haber sentido un temblor el día 2 de noviembre del año próximo pasado; y como en la Estación Sismológica Central registraron los sismógrafos varios movimientos en ese día, pudieran tomarse como choques premonitores, es decir, como la iniciación de la serie de movimientos, de los cuales fué el más importante el del día 3 de enero de 1920.

Algunos de estos movimientos discrepan un poco en la distancia que se ha calculado para el temblor principal, distancia que es de 234 kilómetros de la Estación Central al epifoco; y ha habido, además, un intervalo de tiempo considerable entre la presentación de aquellos choques y la del terremoto principal. Fuera del movimiento que se anota en el cuadro adjunto en primer término, y que por el carácter con que se registró en el sismógrafo de 17,000 kilogramos de masa de la Estación Central, pudo haber sido sentido en la zona conmovida por el del día 3 de enero, los demás, podemos afirmarlo, han sido únicamente instrumentales.

Fecha	Instrumento	Carácter	P.	L.	M.	C.	Fin	Km.
Nbre. 2	17,000 K. NS.	III_v	1.40.59	1.41.30	1.41.33	1.42.38	1.46.38	264
,, ,,	,, ,, ,,	I_v	2.14.15	2.15.16	.....	2.15.56	2.17.08	264
,, ,,	,, ,, ,,	I_v	3.00.33	3.01.04	3.01.18	3.01.54	3.04.54	271
,, ,,	,, ,, ,,	I_v	3.45.36	3.46.06	.....	3,46.44	3.48.44	264
,, 5	,, ,, ,,	I_v	13.51.58	13.52.26	13.52.30	13.52.54	13.53.47	234
,, 14	,, ,, ,,	III_v	6.39.42	6.40.15	.....	.....	.....	271

Las fases de estos temblores están dadas en tiempo medio de Greenwich, según lo convenido en la Asociación Internacional de Sismología.

Con frecuencia los grandes temblores son precedidos de ligeros movimientos llamados choques premonitores, interesantes, porque ellos, como los choques subsecuentes, pueden en varias ocasiones servirnos para comprobar la distancia del foco, darnos cuenta de la actividad, etc. En muchos casos el temblor principal se presenta desde luego, y a veces las sacudidas principales son varias, sin que haya choques premonitores.

En mi concepto, los temblores anotados en el cuadro anterior y que he llamado premonitores, no satisfacen del todo para considerarlos como tales, pero el hecho de haberse sentido, como antes quèda enunciado, un temblor en Jalapa y en otras localidades del Estado de Veracruz el día 2 de noviembre de 1919, me ha hecho consignarlos en esta parte del trabajo. El único temblor que tiene una distancia igual a la encontrada para el del 3 de enero, es el registrado el día 5 de noviembre a las 13 h., 51 m., 08 s., tiempo de Greenwich. Los demás tienen una diferencia con la distancia anterior, que es de 234 kilómetros, de 30 y 37 kilómetros.

En los sismógrafos de la Estación Sismológica de Oaxaca, 5 m. antes del temblor se registró un microsismo, pero como las fases están mal definidas, no se puede comprobar si fué del mismo foco del temblor principal.

3.—HORA DEL TEMBLOR

Ya queda dicho al principio de este trabajo que los sismógrafos de la Estación Central registraron el temblor principal a las 9 h., 48 m., 0.3 s., único dato que debemos considerar como exacto, ya que el tiempo marcado en los instrumentos lo da el Observatorio Astronómico a cuyos cronómetros sincronizados se les aplica la corrección debida. Los datos ministrados por la Estación Sismológica de Oaxaca, siempre han tenido una diferencia en tiempo muy notable; y la Estación de Mazatlán pocas son las veces que proporciona datos para el estudio de los temblores del país, pues generalmente sus registros son de temblores lejanos que llegan a nuestras costas por el Pacífico.

La falta de cuidado para corregir los relojes en ciertas ciudades de

importancia, ha sido causa de que se tropiece con dificultades en los cálculos del tiempo. Así, en Jalapa, según manifiestan varias personas de la localidad, la hora en que sintieron el temblor principal, varía entre las 9.45 y las 9.52. El hecho de estar situada esta ciudad aproximadamente a 40 kilómetros del foco, nos da derecho a considerar que allí el temblor debe haberse sentido pocos momentos antes de las 9.48 03, hora del registro en Tacubaya, y que se debe tener como hora exacta. Esta, referida a tiempo de Greenwich, corresponde a las 4 h., 24 m., 50 s. Hecha la determinación de la fase "CERO," es decir, el momento preciso en que el temblor se verificó en el epifoco, nos dió la siguiente hora: 4 h., 24 m., 16 s. en tiempo medio de Greenwich. Tacubaya tiene una diferencia en tiempo con Greenwich, de 6 h., 36 m., 47 s.

El estudio de estos registros puede verse en el adjunto informe que rinde el señor ingeniero Francisco Patiño y Ordaz, jefe de la Estación Sismológica Central:

"Tacubaya, 21 de enero de 1920.—Sr. Director del Instituto Geológico. —México.—Tengo el honor de remitir a usted el registro que formé con el estudio de los temblores registrados en la Estación Central, la noche del día 3 del presente y la mañana del día 4, no habiéndose registrado después ningún movimiento; así como una noticia formada con los telegramas llegados a la oficina de las distintas poblaciones en las que se sintió el fenómeno.

El temblor principal o inicial se verificó a las 9 h., 48 m., 03 s., p. m. (tiempo medio de Tacubaya) y fué registrado por todos los instrumentos de la estación que estaban en funcionamiento; siguiendo después una serie de movimientos, repeticiones del anterior, de menor intensidad.

En el sismógrafo de 17 toneladas, únicamente se obtuvo la fase inicial del temblor, no habiéndose registrado las otras fases por haberse caído los estiletes.

Por el examen atento de los diagramas del referido temblor, se ve que es del tipo impetuoso o explosivo, notándose con toda claridad una desviación del estilete en ambas componentes, hacia el Norte y hacia el Este en las tiras del sismógrafo de 17 toneladas y con semiamplitudes de 6 y 66 milímetros, respectivamente.

La fase L—P en los diagramas de los sismógrafos horizontales de 200 y 125 kilogramos es de 27 segundos, encontrando igual intervalo para los verticales. Calculando con este intervalo la distancia del epicentro con la conocida fórmula del profesor F. Omori: *x Km. = 7,27 y seg. + 38 Km.*, se obtienen 234 Km. al epifoco.

Para localizar el epicentro no se cuenta en la actualidad con más datos que los obtenidos en la Estación Central y los de la Estación de Oaxaca. Los diagramas de esta última estación, dieron un buen registro y la fase L—P es de 30 seg. y corresponde a una distancia de 256 Km. al epifoco, calculando con la misma fórmula.

Con las medidas de las semiamplitudes de la desviación inicial en la primera fase de los sismogramas del péndulo de 17 toneladas y calculando el rumbo con la fórmula: $\text{tg.a} = \frac{A_e}{A_n}$ se obtiene un ángulo azimutal de 84° 49′ aproximadamente para el rumbo del epifoco; y haciendo una construcción gráfica con las mismas medidas se obtiene un ángulo de 84° 45′, resultado que concuerda con el anterior.

Los sismógrafos verticales de 1,300 y 80 kgs. señalan una desviación positiva para el primer impulso, lo que indica que la onda de llegada fué de compresión y el desalojamiento del suelo debe haberse verificado desde el epifoco y como los estiletes del citado sismógrafo se desalojaron al Norte y al Este, es de afirmarse que el rumbo del epicentro se encuentra al Norte 84° 49′ E. de la Estación Central.

Trazando un círculo con un radio igual a 234 Km. y como centro la Estación Central y trazando otro con un radio de 256 Km. y con centro en Oaxaca, ambos se cortan en un punto al Sur de Jalapa.

Es de notarse que a las 10 h., 26 m., 17 seg., p. m. se verificó un temblor de distinto foco del que se trata, pues la gráfica obtenida en los diagramas de los sismógrafos de 200 y 125 kilogramos, así como en los verticales de 1,300 y 80 kgs. dan una prefase de 3 seg. Calculada la distancia para el epifoco con la fórmula x Km. = 7,48y seg., se obtiene 22 Km., de distancia al lugar de la perturbación.

Este movimiento fué acompañado de ruidos subterráneos y se sintió con suma violencia. En la población de San Angel, D. F., según informes verbales obtenidos de algunas personas, el temblor fué muy fuerte y de corta duración, llamando la atención el ruido prolongado que acompañó al fenómeno.—Protesto a usted mi atenta y respetuosa consideración.—*Francisco M. Patiño y Ordaz.*"

A continuación se dan a conocer el catálogo de macro y microsismos registrados en la Estación Sismológica Central el día 4 de enero de 1920 y el de macrosismos sentidos en la República durante el mes de enero de 1920.

Cuadro de los Macro y Microsismos registrados en la Estación Sismológica Central el día 4 de enero de 1920

Número progresivo.	Fechas.	INSTRUMENTOS WIECHERT						FASES EN TIEMPO MEDIO DE GREENWICH				FIN	Amplitud.	T.	Δg.	Distancia en kilómetros.	OBSERVACIONES
		Masa	Componente	V.	e.	T_0		P.	L.	M.	C.						
1	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	III_v	4 24 50	.....	.....	.....	.....	...	...	...	.....	Se cayeron los estiletes.
1	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	III_v	4 24 50	.....	.....	.....	.....	...	...	...	.....	" " " "
1	4	200	N.-S.	80	3:5	5.	III_v	4 24 51	4 25 18	4 25 30	4 36 06	?	?	...	...	234	
1	4	200	E.-W.	80	3:5	5.	III_v	4 24 50	4 25 17	4 25 32	4 36 32	?	?	...	...	234	
2	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	III_v	5 00 04	5 00 31	5 00 41	5 01 50	5 02 55	17	1	68	234	
3	4	200	N.-S.	80	3:5	5.	III_d	5 03 02	5 03 05	5 03 05	5 03 50	5 05 11	...	...	...	22?	
3	4	200	E.-W.	80	3:5	5.	III_d	5 03 02	5 03 05	5 03 05	5 03 41	5 05 17	...	...	...	22?	
4	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	I_v	6 04 45	6 05 11	.....	.....	6 07 37	...	...	...	227	
5	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	III_v	6 10 54	6 11 21	6 11 32	6 12 42	6 15 42	4	1	16	234	
5	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	III_v	6 10 54	6 11 22	6 11 28	6 12 14	6 14 44	3	1	12	242	
6	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	III_v	7 23 10	7 23 36	7 23 44	7 25 02	7 31 44	19	1	76	227	
6	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	III_v	7 23 10	7 23 36	7 23 45	7 26 15	7 31 50	23	1	92	227	
7	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	II_v	8 36 58	8 37 24	8 37 36	8 38 11	8 41 07	1	1	4	227	
7	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	II_v	8 36 58	8 37 25	8 37 30	8 38 00	8 41 07	2	1	8	234	
8	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	I_v	8 57 19	8 57 46	8 57 50	8 58 22	9 00 35	2	1	8	234	
8	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	I_v	8 57 19	8 57 47	8 57 50	8 58 15	9 00 30	1	1	4	242	
9	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	II_v	10 06 51	10 07 17	10 07 22	10 09 16	10 12 46	7	1	28	227	
9	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	II_v	10 06 51	10 07 18	10 07 23	10 08 46	10 11 46	5	1	20	234	
10	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	I_v	10 39 59	10 40 26	10 40 32	10 41 06	10 43 26	1	1	4	234	
10	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	I_v	10 39 58	10 40 26	.....	.....	.....	...	...	...	242	
11	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	III_v	13 20 40	13 21 06	13 21 12	33 22 55	13 26 55	7	1	28	227	
11	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	III_v	13 20 39	13 21 05	.....	.....	.....	...	...	...	227	
12	4	17 000	N.-S.	2,000	2:5	1.5	III_v	18 28 54	18 29 21	18 29 34	18 31 41	18 34 20	12	1	48	234	
12	4	17 000	E.-W.	2,000	2:6	1.5	III_v	18 28 55	18 29 23	18 29 29	18 31 44	18 34 24	10	1	76	242	

CATALOGO DE LOS MACROSISMOS SENTIDOS EN LA REPUBLICA DURANTE EL MES DE ENERO DE 1920

DIAS	LUGARES	Hora en T. M. G.	Grado	MOVIMIENTOS			Fenómenos acompañantes	OBSERVACIONES
				Clase	Duración	Dirección		
		h. m. s.						
4	Amecameca, Méx.....	4 21 47	III.	Oscilatorio.....	1 minuto.....	E.-W.		
4	Apizaco, Pueb.....	4 24 47	II.	„	Poca.			
4	Calpulalpan, Tlax.....	4 26 47	III.	„	5 segundos.....	N.-S.		
4	Córdoba, Ver.....	4 26 01	III.	Oscilatorio y giratorio.....	47 segundos.....	N. W.-S. E.		
4	„ „	4 49 47	II.	Oscilatorio.				
4	„ „	5 05 47	II.	„				
4	„ „	5 44 47	II.	„				
4	„ „	5 54 47	I.	„				
4	„ „	6 13 56	I.	„				
4	„ „	6 52 36	I.	„				
4	„ „	8 40 07	I.	„				
4	„ „	9 00 40	I.	„				
4	„ „	10 44 17	I.	„				
4	Coscomatepec, Ver.....	4 16 47	VII.	.....	.....	.....	.....	Causó desgracias y derrumbes.
4	Cuautla de Jiménez, Oax	4 25 47	IV.	.....	40 segundos.....	E.-W.....	Ruidos subterráneos	
4	Cuicatlán, Oax.....	4 31 47	II.	.....	10 „	.....	.....	Siguieron dos sacudidas de menor duración e intensidad.
4	Chignahuapan, Pue.....	4 25 47	II.	Trepidatorio.....	10 a 12 segundos.			
4	Huamantla, Tlax.....	4 21 47	III.	Trepidatorio y oscilatorio	25 a 30 „	.....	.....	Repitió débilmente a las 4h. 36m. 47s.
4	Huauchinango, Pue.....	4 21 47	III.	Trepidatorio.....	30 segundos.			
4	Jalapa, Ver	4 32 47	VIII.	„	40 segundos.....	.....	Ruidos subterráneos	Causó muchos derrumbes y cuarteaduras en el 30% de las construcciones.
4	Orizaba, Ver.....	4 31 47	III.	„	.....	.....	.....	Repitió 7 veces, sisendo ocilatorio, con intervalos de una hora.

DIAS	LUGARES	Hora en T. M. G.	Grado	MOVIMIENTOS			Fenómenos acompañantes	OBSERVACIONES
				Clase	Duración	Dirección		
		h. m. s.						
4	Orizaba, Ver	13 06 47	II	Oscilatorio.				
4	Otumba, Méx	4 24 47	III	,,	20 segundos	NE.-SW.		
4	Puebla, Pue	4 35 47	IV	,,	15 ,,	NW.-SE. y NE.-SW.		
4	Puerto Lobos, Ver	4 18 47	III	,,	30 ,,	E.-W.		
4	Río Blanco, Ver	4 34 47	III	Trepidatorio	30 ,,			Repitieron movimientos oscilatorios.
4	San Jerónimo, Oax	4 24 47	III	,,	15 ,,			
4	San Marcos, Pue	4 21 47	IV	Oscilatorio	20 ,,	N.-S. y E.-W.		Repitió 3 veces, ligeramente, con intervalos de 15 minutos.
4	Santa Rosa, Ver	4 23 47	IV	Trepidatorio	Corta			Precedido de ligeras ondulaciones, con intervalos muy cortos.
4	Tecamachalco, Pue	4 21 47	IV	Oscilatorio	20 segundos	E.-W		
4	Tetela de Ocampo, Pue.	4 25 47	IV	,,	50 ,,	NW.-SE.		Al disminuir en intensidad hubo un sacudimiento trepidatorio.
4	Tehuacán, Pue	4 22 47	IV	Trepidatorio y oscilatorio	50 ,,	N.-S.		
4	Teotitlán, Oax	4 21 47	III	Trepidatorio	35 ,,			
4	Tlatlauqui, Pue	4 25 47	IV	Oscilatorio	50 ,,	NW.-SE.		
4	Tlaxco, Tlax	4 25 47	III	,,	10 ,,	E.-W.		
4	Tuxpan, Ver	4 21 47	III	,,	30 ,,			
4	Tacubaya, D. F	4 24 50	IV	,,	10 ,,	E.-W.		
4	Tacubaya, D. F	5 03 04	IV	Trepidatorio	2 ,,		Fuertes ruidos subterráneos.	
4	Veracruz, Ver	4 34 47	IV	Oscilatorio	30 ,,			Repitió tres veces, ligero, hasta las 7h. 36m. 47s.
4	Zongolica, Ver	4 31 47	V	Trepidatorio y oscilatorio		S.-N.		Causó varios desperfectos en los edificios públicos y particulares. Repitió nueve veces, con menor intensidad.
4	Zacapoaxtla, Pue	4 26 47	III	Trepidatorio y oscilatorio	40 segundos	SW.-NE.	Precedido de detonación subterránea.	
4	Zacatlán, Pue	4 25 47	IV	Oscilatorio	25 ,,	SE.-NW.		
4	Córdoba, Ver	13 40 57	II	Trepidatorio			Ruidos subterráneos.	Débil.

Día	LUGARES	Hora en T. M. G.	Grado	MOVIMIENTOS			Fenómenos acompañantes	OBSERVACIONES
				Clase	Duración	Dirección		
		h. m. s.						
4	Córdoba, Ver	16 47 47	II	Trepidatorio				Débil.
5	Coscomatepec, Ver	4 16 47	VII					Causó desgracias personales y derrumbes. Siguen sacudimientos de corta intensidad.
5	Rinconada, Ver	5 56 47	III		1 minuto		Se osbervó disminución del caudal de Río Grande, a consecuencia del terremoto de fecha 4.	
6	Coscomatepec, Ver	4 16 47	II	Oscilatorio.				
6	Coscomatepec, Ver	8 36 47	II	,,				
7	Coscomatepec, Ver	6 06 47	II	,,				
7	Coscomatepec, Ver	15 51 45	II	,,				
7	Córdoba, Ver	16 01 57	III	,,	10 segundos	NW.-SE.		
7	Zongolica, Ver	3 41 47	III	,,	5 ,,	W.-E.		
7	Zongolica, Ver	15 56 47	III	,,	5 ,,	E.-W.		
7	Zongolica, Ver	16 06 47	II	,,	3 ,,			
10	San Jerónimo, Oax	3 26 47	III	Trepidatorio	30 ,,			
14	Zongolica, Ver	sin hora	III	Oscilatorio	5 ,,	NW.-SE.		
15	Zongolica, Ver	6 36 47	III	Trepidatorio	5 ,,			
17	Salina Cruz, Oax	2 56 47	II	,,	4 ,,			
18	Acapulco, Gro	10 16 47	II	,,	3 ,,			
21	Salina Cruz, Oax	5 06 47					Se oyeron al W. algunos retumbos lejanos.	
22	Córdoba, Ver	9 45 37	III	Trepidatorio	8 segundos.			
22	Coscomatepec, Ver	9 36 47	III	Oscilatorio.				
22	Orizaba, Ver	9 2 47	III	,,	25 ,,			
22	Orizaba, Ver	9 36 47	III	,,	6 ,,	N.-S.		
22	Teziutlán, Pue	9 51 47	II	,,	4 ,,			
22	Tlatlauqui, Pue	9 36 47	III	,,	5 ,,	SE.-NW.		
22	Veracruz, Ver	9 50 47	II	,,	Corta.			
22	Zacapoaxtla, Pue	9 36 47	III	,,	3 a 5 segundos	SE.-NW.		
23	Coscomatepec, Ver	4 36 47	III	Trepidatorio	10 segundos.		Fuertes ruidos subterráneos.	
23	El Hule, Oax	3 51 47	III	Oscilatorio	15 ,,	NW.-SE.		

Día	LUGARES	Hora en T. M. G.	Grado	MOVIMIENTOS			Fenómenos acompañantes	OBSERVACIONES
				Clase	Duración	Dirección		
		h. m. s.						
23	El Hule, Oax.	6 36 47	II	Oscilatorio				
23	Orizaba, Ver.	4 41 47	III	,,	25 segundos.	N.-S.		
23	Córdoba, Ver.	4 56 07	III	Trepidatorio	26 ,,			
23	Rinconada, Ver.	4 46 47	III	,,	26 ,,		Ruidos subterráneos.	
23	Salina Cruz, Oax.	4 24 47	II	,,	4 ,,			
23	Tetela, Pue.	4 46 47	III	Oscilatorio	Corta	NE.-SW.		
23	Tlatlauqui, Pue.	4 42 47	II	,,	5 segundos.			
23	Zacapoaxtla, Pue.	4 41 47	III	,,	10 ,,			
23	Zongolica, Ver	4 43 47	III	,,	5 ,,	NW.-SE.		
24	San Jerónimo, Oax.	4 31 47	III	,,	30 ,,			
25	Zongolica, Ver.	2 36 47	III	,,	5 ,,	NW.-SE.		Repitió 5 veces lento, hasta las 6 h. 36 m. 47 s.
25	Orizaba, Ver.	5 51 47	III	,,	6 ,,	N.-S.		
29	Orizaba, Ver.	5 36 47	II	,,	Corta	N.-S.		
29	Córdoba, Ver.	5 55 47	II	Trepidatorio.				
30	Huajuapan, Oax.	11 51 47	II	Oscilatorio			Precedido de fuertes ruidos subterráneos.	
31	Coscomatepec, Ver.	4 48 47	II	,,				
31	Coscomatepec, Ver.	6 36 47	II	,,				
31	Coscomatepec, Ver.	9 36 47	II	,,				

Posteriormente a los choques registrados en los cuadros anteriores, el jefe de la Estación Central expidió el siguiente boletín:

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO
BOLETIN DE LA ESTACION SISMOLOGICA CENTRAL.

Principio del temblor	Onda de máxima intensidad	Fin del temblor	Distancia al epifoco
3h. PWm. PUs.....	8h. 02m. 40s.....	3h. 03m. 16s.....	234 kilómetros

Las fases están dadas en tiempo medio de Tacubaya. El temblor estudiado fué registrado por el sismógrafo de 17 toneladas; su principio bien definido señala una ligera desviación al E. y al N. le corresponde el grado I de la escala de Cancani y III de carácter en el sismograma.

Es de suponerse que el epicentro se encuentra al NE. de la Estación Central. Tanto por la distancia como por las desviaciones iniciales, debe encontrarse en la región recientemente perturbada.

Tacubaya, 22 de enero de 1920.

Francisco M. Patiño y Ordaz.—Rúbrica.

Nota: Acabo de recibir del Observatorio Meteorológico, tres mensajes telegráficos que avisan haberse sentido el temblor a que hago referencia, en Orizaba, Tlatlauqui y Zacapoaxtla.

4.—DURACION E INTENSIDAD

Igual dificultad que para determinar la hora exacta en los lugares conmovidos más intensamente, existe para determinar la duración del temblor por medio de observaciones personales. En el sismógrafo horizontal de 17,000 kilogramos, de la Estación Sismológica Central, la duración de las ondas máximas fué de 12 segundos, como se puede ver en el cuadro del informe del señor ingeniero Francisco Patiño y Ordaz, jefe de la Estación Central, pero en Jalapa muchas personas afirman que el temblor tuvo una duración de 15 segundos, en tanto que otras la elevan hasta 30. Es cuerdo suponer que la duración de la porción sensible de este movimiento para las personas no fué mayor de 12 segundos, en primer lugar, por el dato instrumental; en segundo, porque un temblor trepidatorio de la intensidad del que nos ocupa, en una región donde las construcciones dejan mucho que desear, habría acabado con todos los pueblos cercanos a la región epicentral, inclusive la ciudad de Jalapa, donde existen algunas casas bien construidas. Debemos hacer constar que en la ciudad de Jalapa, solamente hubo tres muertos por los derrumbes, según los datos recogidos en la Presidencia Municipal.

Varias pruebas tenemos de que el movimiento fué demasiado rápido, sólo que generalmente la excitación en los momentos del peligro, la aprehensión, alarma o pánico que sigue a la percepción del temblor, depende de la emotividad de los individuos. Depende también de la costumbre de sentir temblores. En Oaxaca he tenido oportunidad de observar temblores de fuerte intensidad y larga duración, y allí, donde las construcciones son en lo general buenas, se tiene confianza en ellas y no se observan las escenas que en Guadalajara se observaron con la serie de temblores del año de 1912, donde no están familiarizados con esta clase de fenómenos y donde las habitaciones no dan ninguna garantía.

En Jalapa, punto en que hice la mayoría de las observaciones por haber tenido que instalar allí un sismógrafo que llevamos, sentí tres temblores, los días 21, 22 y 23; éstos fueron claramente de carácter trepidatorio, no imprimieron a los objetos suspendidos ninguna oscilación. Además, su duración estuvo comprendida entre 3 y 5 segundos. La intensidad fué aproximadamente del grado IV de la escala de Cancani. (Para estimar la intensidad de los temblores se han formado varias escalas, entre las que figuran las de Mercalli, Omori, Rossi-Forel y otras, pero nosotros hemos usado siempre la de Cancani, por ser la más completa y a ella nos referiremos siempre en nuestros cálculos.)

En la ciudad de México el temblor principal, pues ya hemos dicho que los choques fueron tres, debe haber tenido el grado IV de la escala mencionada, en Jalapa estuvo comprendida su intensidad entre los grados VIII y IX, según la tantas veces mencionada escala, pues para que un temblor cause destrucciones y contusiones, debe tener el grado VIII o más; aunque es fácil comprender que con el grado VII, por la caída de las tejas puede muy bien haber heridos y debemos tener presente que en esta región, como casi en todas aquellas donde llueve mucho, se emplean techos de teja de dos aguas.

Por la narración de las personas se sabe que casi en toda la región conmovida, el suelo sufrió un levantamiento repentino, descendiendo con gran violencia; sin embargo, muchas personas manifiestan haberse dado cuenta de ligeras oscilaciones. En Jalapa, donde no había ningún sismoscopio ni sismógrafo para determinar la dirección del movimiento, se guiaron naturalmente por la sensibilidad, teniendo esto sus inconvenientes, pues cuando el temblor es ligero, la dirección se puede percibir, no así cuando es fuerte y se está en o muy cerca del área epicentral. Igualmente, se estima la dirección por las oscilaciones de los objetos suspendidos, pero en este caso se debe tener en cuenta que el impulso inicial del péndulo puede ser perturbado por algún otro motivo. Por todo esto, creí conveniente guiarme para obtener una dirección aproximada (dirección de la acción sensible o destructora del temblor) por la caída de objetos, muros, etc.

Mallet y varios otros sismólogos, después de repetidas observaciones, admiten que las paredes que han sido derribadas, fueron atacadas por ondas perpendiculares a ellas; y las agrietadas lo han sido por ondas paralelas a la posición de esas paredes. Si nos hemos de guiar por esto, comprobaremos que la dirección del movimiento del 3 de enero, en la ciudad de Jalapa, fué de Poniente a Oriente; y en el capítulo correspondiente se verá la acción de estos temblores en las construcciones de la ciudad citada.

5.—CHOQUES SUBSECUENTES

A los temblores del día 3 de enero sucedieron algunos temblores, sin que su número haya llegado al que en Jalapa pretenden, pues allí dicen que después del temblor principal o sea el de las 9 h., 48 m., 03 s., siguió temblando con gran frecuencia. En el cuadro formado en la Estación Sismológica Central, se puede estimar el número de ellos, hora, carácter, intensidad, etc.

A los pocos días de instalado el sismógrafo vertical en la ciudad de Jalapa, se registraron tres choques subsecuentes, cuyas fases son:

Fecha	Instrumento	Carácter.	P.	L.	M.	C.	Fin	Dist. en Km.
			H. M. S.	H. M. S.	H. M. S.	H. M. S	H. M. S.	
Enero 21	Wiechert.....	II_d	3.10.20	3.10.24	3.10.27	3.10.45	3.11.10	30
„ 22	Z. 80 Kgs	III_d	10.05.15	10.08.18	10.05.23	10.05.55	10.06.35	22.4
„ 23	.....	I_d	11.15.12	11.15.15	11.15.19	11.15.25	11.16.15	22.4

Tiempo medio de Tacubaya

En seguida del temblor que se registró en la Estación Sismológica Central la noche del 3 de enero, a las 10 h., 23 m., 17 s., se registró también uno de origen doméstico, probablemente del Pedregal de San Angel, tipo de temblores que nos es bastante conocido, pues desde la instalación de la Estación Central, el año de 1910, se vienen registrando con relativa frecuencia. Sus distancias han variado entre 3 kilómetros y medio y 24, al Sur de Tacubaya. Una lista de estos temblores registrados el año de 1912 y un ligero estudio, pueden verse en el boletín número 18 del Instituto Geológico, páginas 43-44.

Podría muy bien haber acontecido que los temblores del día 3 hubieren venido a acelerar la presentación de este otro temblor, pero en todo caso este movimiento no debe considerarse como un after-shock. Este temblor vino acompañado de fuerte ruido subterráneo.

Como al referirse la prensa a este movimiento, le diera proporciones catastróficas, el director del Instituto Geológico me comisionó para hacer un ligero reconocimiento en San Angel e inmediaciones del Pedregal. Como resultado de esta pequeña excursión, le manifesté no haber encontrado ninguna grieta en la Huerta del Carmen, grieta que *"vieron"* algunos reporteros de los diarios de la metrópoli. No hubo allí ninguna cuarteadura, derrumbe o desgracia personal, pues así me lo manifestaron el Presidente Municipal de San Angel, los vecinos del lugar, el encargado de la Sección de Excavaciones de la Dirección de Antropología, los operarios que trabajan en la explotación del basalto para la Secretaría de Comunicaciones, y muchas otras personas, pues tomé cuanto dato se pudo, por tener gran interés en este asunto.

Ruidos subterráneos.—En Jalapa como en casi todos los puntos del area epicentral, los temblores han sido acompañados de retumbos, que según algunos observadores, han tenido semejanza con el ruido producido por la creciente de un río, otros como fuerte viento, otros como el trueno del rayo lejano. También se han dado cuenta del ruido producido por los techos al ser sacudidos por el temblor.

Larde, observador salvadoreño, dice que los retumbos pueden ser en muchos casos reputados como verdaderos temblores de tierra, pues que un terremoto está constituído por movimientos oscilatorios de diversas clases de las partículas terrestres; los sonidos son también movimientos vibratorios que, como aquéllos, se propagan por ondas y los retumbos subterráneos son oscilaciones de las partículas terrestres. Las ondas sísmicas longitudinales y las ondas sonoras no difieren más que por el período, esto es, la duración de cada oscilación.

6.—EFECTOS DE LOS TEMBLORES DEL 3 DE ENERO DE 1920 EN LAS CONSTRUCCIONES DE LA CIUDAD DE JALAPA

Pocas personas manifiestan haber sentido ligeras oscilaciones en los temblores del día 3 de enero y sin embargo, en esta ciudad hubo una zona,

que, como puede verse en el plano de la Lám. XLIV-A, fué la que mayores daños sufrió, y que tiene una dirección aproximada de E. a W. en su mayor longitud.

En Jalapa se emplean para la construcción la piedra cortada, la mampostería, el ladrillo, el adobe y el lodo; la madera es empleada pocas veces. Las habitaciones que menos resintieron los temblores fueron las de mampostería; y en lo general, todas aquellas cuyos techos eran muy pesados fueron muy averiadas. Las casas de la clase más humilde, construídas de madera con techos de paja, resistieron perfectamente, debido a la ligereza de los materiales empleados. Estas chozas sólo sufren desperfectos cuando los "horcones" que sostienen el techo no están clavados en el suelo a profundidad conveniente, pues entonces al oscilar los techos salen de su posición vertical. En esta ciudad son muy pocas las construcciones de cemento armado (construcción ideal para los países sísmicos), pues yo sólo conocí tres casas construídas por este sistema. Una de ellas, de los señores Pasquel. ubicada en la calle de Enríquez, tuvo ligeras cuarteaduras en algunos de los muros y en los arcos de los corredores; y estos desperfectos de ninguna manera se pueden considerar como serios para haber sido desocupada, cosa más bien debida a un exceso de precaución, porque en ella los habitantes estarán más seguros que en cualquiera otra de la ciudad.

En la zona mayor de las dos marcadas en el plano, las destrucciones más importantes fueron sobre las casas cuyas paredes maestras están orientadas de N. a S. y que, por lo tanto, recibieron las ondas perpendicularmente. En la zona marcada con tinta azul, las destrucciones no fueron tan importantes como en la parte que hemos indicado, pero el hecho de estar situada en la parte de mayor inclinación de la ciudad, fué motivo de que hubiera varios deslizamientos, ya de paredes aisladas, ya de casas en conjunto. Con objeto de darme cuenta de los desperfectos y ver si se podía apreciar el rumbo de llegada de las ondas, visité el cementerio, porque en estos lugares, por la diversidad de las construcciones, formas, materiales, etc., se llegan a conseguir buenos datos; pero en Jalapa el cementerio no tiene monumentos importantes, y los pocos desperfectos que allí se notaron, más bien son debidos a la acción del tiempo. No hubo en este lugar ningún caso de vórtice.

Los edificios que más sufrieron en la ciudad, fueron los siguientes: el Palacio de Gobierno, con cuarteaduras en la parte S. y en los techos, principalmente en los de la Biblioteca Pública; Palacio de Justicia: derrumbes de varios muros, de un torreón, caída al Poniente de gran parte de la cornisa de la calle que ve al Oriente; Colegio Preparatorio: grietas en algunas piezas, como la dirección, sin que éstas fueran graves; hospital, derrumbes; cuarteles, únicamente cuarteaduras; la catedral tiene una cuarteadura a lo largo de la nave central y de menor importancia en las naves laterales, además, cayó parte del aplanado; la iglesia del Calvario, sufrió derrumbes en una torre y cerca de la sacristía; la Administración de Correos, sufrió desplomes de importancia, derrumbes y cuarteaduras serias, pues este edificio como todos los que están en la parte más inclinada, resintió más los efectos del movimiento. El Seminario Conciliar tiene derrumbes muy notables y grandes grietas; la Misión Presbiteriana tiene, igualmente, varios derrumbes. De las estaciones, la única que sufrió cuarteaduras fué la del ferrocarril de Jalapa a Córdoba.

El Hotel Juárez tuvo algunos derrumbes, caída de la cornisa en parte, y ligeras grietas; la Capilla de la Cruz, cuarteaduras; la de los Corazones, derrumbe en las torres y varias cuarteaduras; la agencia del Banco Nacional, derrumbes y cuarteaduras, el Casino Jalapeño y los teatros Cáuz y Limón, sólo cuarteaduras. Casi todos los edificios de la calle de Enríquez sufrieron cuarteaduras y desplomes, pero en esa calle hubo algunos casos de inmunidad, como el Banco Mercantil, la casa nueva de los señores Pasquel y la dulcería.

Cerca de las estaciones, por la del ferrocarril de Jalapa a Teocelo, se

derrumbó una barda de mampostería de regular altura, situada en dirección NS., se partió en toda su longitud, como 50 centímetros del suelo y cayó en gran parte hacia el Oriente. En las estatuas de los parques y en las columnas de algunos edificios no se descubrió tampoco ningún caso de vórtice. Examinando con cuidado la columna del busto del señor Juárez, en el parque del mismo nombre, se distinguen leves desportilladuras en la parte que ésta se une al pedestal.

Para terminar diremos que aún es imposible predecir los temblores de tierra, de suerte que el público debe recibir con toda reserva las noticias alarmantes que la prensa suele publicar. La sismología no llega todavía a ese supremo ideal, por lo mismo, en esas regiones donde los temblores del 3 de enero causaron tantos estragos como lo suelen sufrir todos los pueblos de las regiones sísmicas, deben los habitantes buscar su defensa en las construcciones apropiadas, pues el caso probablemente se repetirá, ya que se trata de una zona notoriamente sísmica.

El Instituto Geológico ha repartido folletos en los que trata el problema de las construcciones asísmicas, ha demarcado, aún cuando de una manera general, cuáles son las zonas sísmicas del país, y si los habitantes de la hoy región devastada por estos temblores, al reconstruir sus heredades toman en cuenta ciertos consejos basados en las observaciones y reglas deducidas de la práctica, en los temblores subsecuentes no habrán de lamentar en tan considerable cantidad ni las desgracias personales ni la pérdida del capital que representan sus propiedades.

México, D. F., 10 de abril de 1920.

Manuel Muñoz Lumbier.
Inspector de la Red Sismológica.

II

Estudio sismográfico

A.

Observaciones instrumentales directas

1.—Estación Sismológica Central. Tacubaya, D. F.—Coordenadas: $\lambda = 99° \ 11' \ 37''$ W. de Greenwich; $\varphi = 19° \ 24' \ 18''$ N. Altura sobre el nivel del mar 2,290 metros (nivelación topográfica corrida desde Veracruz).

La noche del 3 de enero de 1920, fué registrado por los sismógrafos de la Estación Central el terremoto que nos ocupa, como un macrosismo del grado III-IV, que fué sentido por la mayoría de los habitantes de la población, aunque con menos intensidad de la que tuvo en la ciudad de México; porque en las colinas de Tacubaya los choques sísmicos son menos enérgicos que en el fondo del Valle. La onda de llegada fué impetuosa y se registró a las 21h., 48m., 63s., (tiempo medio de Tacubaya), o sea a las 4h., 24m., 50s., del día 4 en tiempo medio de Greenwich. Los instrumentos que la registraron fueron el gran péndulo horizontal de 17 toneladas del doctor Wiechert, los péndulos horizontales de 200 y 125 kilogramos del mismo autor, los Bosch-Omori de 10 kilogramos, y los verticales de 80 y 1,300 kilogramos.

Primer impulso.—Fué claramente definido, los instrumentos horizontales se desalojaron bruscamente hacia el NE. (casi al E.); el suelo se movió al SW. (casi al W.); los instrumentos verticales acusaron un choque inicial dirigido de abajo hacia arriba (+ Z), por lo que la onda de llegada fué de *compresión* o *externa,* esto es, el primer impulso fué *desde el epifoco* (el esque-

ma de la figura 3, lámina III-B da idea del funcionamiento de los péndulos horizontales de la Estación Central a la llegada de la primera onda).

Longitud de las ondas de la primera fase.—En el péndulo de 17 toneladas (componente N—S), se registraron 13 ondas longitudinales que forman la fase L—P, con duración de 24 segundos, la componente registró aún durante 8 segundos más, quedando fuera de servicio por la violencia de las ondas superficiales. La primero onde de la fase L—P, fué rápida, T=1 segundo, presenta un ripple en su primer cuarto. El período medio de las ondas L—P, fué de 1s, 85; y aceptando la velocidad de 6.1 Km. para las ondas, P_1, según el valor encontrado por K. Haussmann, dentro de los 250 Km. en derredor del epifoco, resulta para la longitud de las ondas P_1:

$$\lambda = vT = 6.1 \times 1.85 = 11,285 \text{ metros.}$$

El registro de la componente E-W, fué muy deficiente y sólo pudo aprovecharse la dirección del primer impulso.

Fase L—P. Con el fin de calcular la distancia epicentral, promediamos la duración de la fase L—P en los registros de los sismógrafos pequeños de la Estación Central:

Instrumento y componente	L—P Segundos	Δ Km. al Epifoco
Wiechert.		
200 Kgs. NS	24	212,48
„ „ EW	24	212,48
125 „ NS	25	219,75
„ „ EW.	27	234,39
Bosch-Omori.		
10 Km. NS	27	234,29
„ „ EW	27	234,29
Sumas	154	1,347,58
Promedios	25,6	224,59

Aceptamos para Δ el valor de 225 kilómetros. El péndulo vertical de 80 kilogramos, dió L—P=28 segundos. La misma fase en el registro del vertical de 1,300 kilógramos, es dudosa.

Determinación de las coordenadas del epifoco.—(Método del Príncipe Boris Galitzin).

Sabiendo que la primera onda longitudinal fué de compresión por el signo positivo de Z, y que el impulso fué por eso mismo externo, el epifoco debió haber quedado dentro del cuadrante NE. Siendo sensiblemente iguales las constantes de ambas componentes horizontales en cada uno de los sismógrafos, calculamos el azimut con las lecturas directas del sismograma en cada instrumento, tanto más, cuanto que la emergencia del choque inicial fué tan enérgica, que prácticamente anuló las pequeñas diferencias que pudieran haber existido entre dichas constantes. Encontrando para el sismógrafo de 17 toneladas:

$$\text{tg. } i = \frac{A_E}{A_N} = \frac{66,00}{5,75} = 11,4783 = \text{tg. } 85° 01'. \text{ De donde el azimut es: N. } 85° 01' \text{E.}$$

Respecto de los demás instrumentos horizontales, obtuvimos los siguientes resultados, que después promediamos:

Wiechert.: 200 Kgs.: $\text{tg. } i = \frac{3.6}{0.2}\ 18.0000 = \text{tg. } 86° 49'$

„ 125 „ : $\text{tg. } i = \frac{6.5}{0.3}\ 12.3333 = \text{tg. } 87° 18'$

B.-Omori. 10 „ : $\text{tg. } i = \frac{5.0}{0.4}\ 12.5000 = \text{tg } 85° 25'$

Promedio del azimut: N. 86° 30′ E.

El cálculo de las coordenadas se hizo utilizando los siguientes datos: Tacubaya: $\lambda = 99° 12'$ W. de Greenwich; $\varphi = 19° 24'$ N.; $\Delta = 225$ Km.; Az = N. 86° 30′ E.; y fueron éstas, que comparamos con las del Cofre de Perote y las del Pico de Orizaba: (véase Lám. I.-B.)

Lugar	Latitud	Longitud	Observaciones
Epifoco (I).....	19°32′ N.	97°03′ W.	(Lámina II.—B; figura 5)
P. de Orizaba.....	19°02′ N.	97°16′ W.	Estas posiciones están determinadas por la Comisión Geográfica Exploradora.
C. de Perote.....	19°30′ N.	97°08′ W.	

Estos resultados indican que el epifoco debería estar más o menos a 11 Km. al NE. del Cofre de Perote, muy cerca de Jalapa y a 29 Km. (ca) del centro de la isoseista XI., trazada en vista de las observaciones macrosísmicas sobre el terreno (Lám. I.-B). Este error que no sale de los límites de la tolerancia, encierra para nosotros útiles enseñanzas.

La Estación Central tiene la obligación, por cierto justamente establecida, de proporcionar a la mayor brevedad posible, las coordenadas del epifoco de cualquier macrosismo vecino, antes de recibir telegramas de las estaciones foráneas o de la región epicentral. En el supuesto de que se cuente con los datos indispensables para aplicar el método del Príncipe B. Galitzin, estos datos son: distancia epicentral, signo de Z., desviación inicial del suelo y azimut del epifoco. ¿Debe exigir la curiosidad pública, que siempre está ávida de noticias, que se festine un trabajo delicado? Creemos que no y mucho menos sensato es el propalar la idea de que los temblores de tierra pueden pronosticarse. Aún la lectura de los sismogramas, ofrece dificultades que pueden orillar a error, porque es más fácil la distinción de los intervalos L—S y S—P en el registro de un telesismo a más de 5,000 Km., dado que la diferenciación de las ondas se hace más clara con la distancia, tal como si el interior terrestre obrando como un prisma, separase por su interposición las ondas que lo atraviesan, según su orden de refrangibilidad; y a mayor masa de medio refringente corresponde una separación más definida de los grupos de ondas que emergen en la estación de observación, es decir, las ondas se clasifican por sí mismas. Tratándose de terremotos vecinos, especialmente entre 100 y 500 Km., no son siempre iguales las dificultades que ofrece su interpretación; en estos registros interviene mucho la intensidad del movimiento; fijar la duración de la fase L—P en el sismograma de un temblor intenso y cercano es tarea difícil: las ondas longitudinales presentan amplitudes exageradas; entre el período de ellas y el de las ondas L, no hay diferencia apreciable, el punto crítico se marca por la interferencia de los grupos de ondas, es decir, sin terminar la emergencia de las ondas P, se verifica la llegada de las ondas L, y la mezcla de ambas determina por lo general una suspensión casi instantánea (igual al período de las ondas), de las oscilaciones del péndulo, como si éste tratase de reaccionar para dejarse llevar por las más enérgicas. El problema es fijar este punto crítico, sin recurrir muchas veces al cambio de período y amplitud que deben corresponder al principio de la fase L, como sucede con un microsismo instrumental, en el que la transición de una fase a otra se caracteriza por los elementos de onda diferentes. El observador en caso de duda acerca de la duración de L—P, en el registro de un megasismo, debe consultar los choques microsísmicos anteriores y posteriores al movimiento principal, descubrir si hay entre ellos, algunos cuya fase P, sea constante, ya sea en el diagrama que retiró del sismógrafo o en el que a continuación reciba los trazos del instrumento; recurrir también a la carta sísmica del país y al catálogo de macrosísmos para asegurarse de la mayor o menor certidumbre que tiene su lectura en el registro del megasismo que estudia. Es así como procedimos en el caso del terremoto de Acambay-Tixmadejé, ocurrido a 125 Km. al N. 58° W. de Tacubaya el 19 de noviembre de 1912. Este papel auxiliar de los choques anteriores y de los recurrentes, es muy importante y permite asegurar la distancia epicentral con mucha aproximación. Se ne-

cesita criterio para seleccionar entre los distintos microsismos que acompañan al megasismo, cuáles provienen del mismo foco o de sus cercanías, porque los temblores de *relais* o simpáticos que se presentan algunas veces, como ha sucedido con el terremoto del 3 de enero, tienen sus epifocos a distancias considerables del foco principal que los hizo entrar en actividad, y pueden conducir a una equivocación.

Hemos señalado las dificultades en la lectura del diagrama de un megasismo cercano y la manera de vencerlas; pasemos ahora a las causas de error en la determinación del azimut del epifoco.

Entre las condiciones que debe tener el sismógrafo horizontal, se cuenta como esencial la independencia de las dos componentes rectangulares, esta independencia material tiene un límite como es natural, esto quiere decir que no es absoluta; si suponemos un rayo sísmico longitudinal, cuya proyección horizontal coincida con la línea EW., que pasa por la estación sismológica al llegar el impulso accionará a la componente EW., que registrará una amplitud mucho mayor que la que corresponde a la dirección NS., que teóricamente debería ser nula; de aquí resulta que la relación: $tg.i = \frac{A_E}{A_N}$, tiende al infinito, porque $tg.90^\circ = \infty$. Esto significa en la práctica que en las cercanías de las direcciones principales: NS. y EW., como los valores de la tangente cambian muy rápidamente en relación con las variaciones angulares del azimut, resultará mayor incertidumbre en el cálculo que si el rayo incidente llega en las cercanías del plano bisector de ambas direcciones. Se cometerá menor error al calcular el rumbo de un epifoco en el segundo que en el primer caso. Para corregir estos eventos posibles, deben orientarse de distinta manera los sismógrafos que funcionan en la Estación Central. Actualmente, todos están orientados según la meridiana y la línea EW.; debemos tener alguno cuyas componentes correspondan a las direcciones intermedias; así como contamos con una escala de distintas sensibilidades en los diferentes instrumentos, es indispensable también orientarlos de tal manera, que uno u otro reciba el rayo en las condiciones más favorables para disminuir en lo posible el error en el azimut. Precisamente, en el terremoto del 3 de enero la separación entre el epicentro localizado por el método del Príncipe B. Galitzin y el epicentro real del movimiento, según las observaciones sobre el terreno, se debe a un error de azimut, pues el que se cometió en la distancia epicentral no tiene importancia; y ya se vió que el primer impulso emergió con una dirección que difiere poco de la línea EW.

Fases del movimiento.—Como estos datos constan en el catálogo de la Estación Central, aquí sólo daremos a conocer el análisis de los registros del sismógrafo horizontal Wiechert de 200 kilogramos; por la misma razón no consignaremos las fases de los choques anteriores recientes del mismo foco y de los choques subsecuentes, cuando a estos movimientos nos refiramos.

Constantes del instrumento: $T_0 = 5^s$.; $V = 80$; $e = 5:3$. (ambas componentes).

INSTRUMENTO			Carácter.	PRINCIPIO DE LAS FASES EN TIEMPO MEDIO DE GREENWICH					FIN	Máxima		△
Autor	Masa.	Comp.		O.	P_1.	L.	M.	C.		A.	T.	Km.
				h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.			
Wiech.	200 Kgs.	N.-S.	III_v	4 24 19	4 24 51	4 25 15	4 25 30	4 36 06	4 49 16	50	3	212.5
„	„	E.-W.	„	4 24 18	4 24 50	4 25 14	4 25 32	4 34 32	4 49 16	60	3	212.5

A es la semiamplitud de la onda máxima y como los instrumentos fueron afectados en su funcionamiento normal por la violencia del sacudimiento, omitimos el cálculo de la aceleración máxima. El error cometido en tiempo es ± 1 segundo.

2.—Estación sismológica de Oaxaca, Oax.—Coordenadas: $\lambda = 96^\circ\ 42'\ 33''$ W. de Greenwich; $\varphi = 17^\circ\ 01'\ 14''$ N.; altura sobre el nivel del mar:

1,571 metros. (Estación de segundo orden). Dotación de instrumentos: un sismógrafo horizontal Wiechert de 200 kilogramos y un vertical de 80 kilogramos del mismo autor.

Los sismogramas que proporcionaron los instrumentos de Oaxaca, pueden calificarse de excelentes, son los registros característicos del tipo de macrosismo cercano. Desgraciadamente las tiras llegaron a nuestro poder mutiladas y el tiempo suministrado a los sismógrafos, está afectado de un error desconocido. Por esta circunstancia nos vemos imposibilitados para dar a conocer las fases del movimiento, pues ninguna utilidad reporta su conocimiento. Hemos medido los intervalos que a cada fase corresponden y son los siguientes:

$$(L - P)_N = 29 \text{ segundos}; \ (L - P)_E = 29 \text{ segundos}; \ (M - L)_N = 12 \text{ segundos};$$
$$(M - L)_E = 10 \text{ segundos}; \ (C - M)_N = 6^m.12^s; \ (C - M)_E = 6^m.25^s.; \ (F - C)_N = 27^m.08^s;$$
$$(F - C)_E = 27^m.23^s.$$

Semi-amplitudes y períodos de la onda máxima en ambas componentes: NS.: A m.m.=59.; T segs=3.; EW.: A m.m.=59, 5; T segs=3. Distancia epicentral: 249 Km.

La tira del sismógrafo vertical llegó en las mismas condiciones, los intervalos son:

$$(L - P) = 30 \text{ segundos}; \ (M - L) = 20 \text{ segundos}; \ (C - M) = 3^m.45^s.; \ (F - C) = 19^m.52^s$$
$$A = 39{,}5^{mm}.; \ T = 4 \text{ segundos; distancia epicentral: } 256 \text{ Km.}$$

El principio fué impetuoso. Se desconocen las constantes instrumentales, excepción de la amplificación que era de 80 veces para las tres componentes.

Aplicación del método del Príncipe Boris Galitzin.—El suelo fué impetuosamente movido hacia el SE. y el sismógrafo vertical acusa un impulso inicial dirigido de abajo hacia arriba (+Z), por lo que la onda de llegada fué de compresión o externa y el epifoco quedó al NW. de Oaxaca; hechas las medidas del primer choque, resulta: $\text{tg.i} = \frac{A_w}{A_n} = \frac{1.5}{6_0} = 0.2500 = \text{tg. } 14° \ 0.2'$; por lo que el azimut es: N. 14° 02′ W. Haciendo uso de la distancia epicentral de 249 Km., situamos el epifoco gráficamente con los datos de la estación de Oaxaca en el punto II, de la lámina II-B, figura 5., cuyas coordenadas son: $\varphi_{II} = 19° \ 14'$ N.; $\lambda_{II} = 97° \ 18'$ W. de Greenwich. El punto así determinado, viene a quedar entre el Cofre de Perote y el Pico de Orizaba, por su latitud; pero su longitud está afectada de un error que se cuenta al E. del epifoco real del terremoto; lo que quizá se debió a un rozamiento de los émbolos de los amortiguadores del sismógrafo horizontal de Oaxaca, que se descubrió posteriormente en una visita de inspección a esa estación.

Las ondas P_1 fueron muy amplias, tuvieron un período de 2 segundos; la que se registró en segundo lugar fué muy intensa e igualó en amplitud a las ondas L, en la componente NS.

A los 24 minutos, 11 segundos del principio de las ondas P_1, se registró el primer choque subsecuente del terremoto, bajo la forma de un microsismo instrumental cuyas ondas se sobrepusieren en las de la coda del registro principal que todavía no terminaba; este after-shock, fué registrado también como del mismo foco en la Estación Central a los 24 minutos, 16 segundos de la llegada de la primera onda a Tacubaya. Estos intervalos deberían ser iguales, si consideramos que fué igual la velocidad de las ondas P_1 en el terremoto y en el choque que le siguió, y si fué el mismo el foco de vibración; como hay una diferencia de 5 segundos, es probable que el reloj de la estación de Oaxaca, haya tenido un error de 4 segundos, porque la prefase para el after-shock en Oaxaca, mide 30 segundos en vez de 29 que corresponden a la fase (L—P) del movimiento principal. En los diagramas procedentes de Oaxaca se presentan dos choques subsecuentes, microsísmicos, además del que ya hicimos notar; en todos la duración de la fase (L—P) es de 30 segundos. Esto demuestra que las vibraciones procedan del mismo foco de extremecimiento, es decir, que prácticamente no hubo "migración

del foco;" hecho que comprueban los registros de los choques recurrentes obtenidos en la Estación Central; en los que, como se verá después, los valores del intervalo (L—P) variaron dentro de límites muy restringidos. Esto no sucedió con los choques subsecuentes del terremoto de Acambay-Tixmadejé, del 19 de noviembre de 1912, varios segmentos de la falla sismotéctónica entraron sucesivamente en acción, convirtiéndose en nuevos focos de vibración, que se acercaban o alejaban al E. y al W. del primitivo foco del sacudimiento.

Antes de registrarse el terremoto de Chilchotla-Patlanalá en los diagramas de Oaxaca, los instrumentos registraron un microseismo local característico de la región, pues son abundantes los registros de este tipo en la Estación de Oaxaca; la prefase duró 11 segundos y le corresponde una distancia epicentral de 82 Km.

3.—*Estación Sismológica de Jalapa, Ver.*—(Provisional.) Coordenadas: λ =96° 54′ 49″ W. de Greenwich: φ = 19° 31′ 35″ N.; altura sobre el nivel del mar: 1,427 metros.

Dotación de instrumentos: un sismógrafo vertical Wiechert de 80 kilogramos.

La estación de Jalapa comenzó a prestar sus servicios algunos días después del terremoto del 3 de enero, en vista de la necesidad de registrar los choques recurrentes en los límites de la área megasísmica. Como no se tenía en disponibilidad otro instrumento más apropiado, se instaló un sismógrafo vertical de 80 kilogramos tipo Wiechert, en una pieza baja de la Escuela Industrial de señoritas en Jalapa.

Actualmente se ha quitado de ese lugar el instrumento para que forme parte de la dotación de una estación de segundo orden, que funcionará dentro de poco tiempo en el puerto de Veracruz, conforme a un proyecto de localización de las estaciones que forman el Servicio Sismológico Nacional, cuya reorganización y mejoramiento sobre bases verdaderamente racionales, es objeto preferente de la atención del actual director del Instituto Geológico de México.

Los after-shocks registrados en Jalapa, fueron poco numerosos, no tiene interés presentar una lista de ellos, porque ninguna ley preside a su presentación en el tiempo; pertenecen al tipo general de domésticos o locales, todos microsísmicos y no se pueden relacionar con los registros de las estaciones de Tacubaya y Oaxaca que no recibieron esos movimientos, porque provinieron de un foco demasiado superficial.

Del 21 al 24 de enero fueron registrados tres movimientos del mismo foco.

El día 21 por la noche (el diagrama no tiene tiempo) se registró con la fase (L—P)=5 segundos, que da una distancia epicentral de 37,4 Km. Su duración fué de 4 minutos 12 segundos; la semiamplitud de la onda máxima mide 5 milímetros y el período T=1,2 s. La onda de llegada fué de dilatación (—Z).

El día 22 por la noche a las 10h. 05 minutos (ca) (el diagrama no tiene tiempo), se registró un microsismo. (L—P)=4,6s., de donde la distancia epicentral es de 34,4 Km. Duración 3 minutos: A=21 m.m.; T=1 seg. no se distingue el signo del primer impulso.

La noche del 23 de enero a las 11 h., 15 m. (ca), se registró un microsismo: (L—P) =3 s., por lo que la distancia epicentral es de 22,4 Km.; duración 1 m. 30 s.; A=0,5 m.m.; T=1 seg. (?). No se distingue el signo del primer impulso.

Promediando los intervalos leídos en los anteriores registros, obtenemos (L—P)=4,2., que da una distancia epicentral de 31,4 Km.

Después de estos movimientos los registros fueron cada vez más raros. Sin embargo, dada la constancia de las fases (L—P) observadas en Tacubaya y en Oaxaca, que demuestran que el foco no se ha desalojado mucho a lo largo del accidente tectónico que lo produjo, hemos utilizado las indicaciones del sismógrafo de Jalapa para hacer una localización "retrospectiva" del epifoco

del 3 de enero por el método elemental de intersecciones, obteniendo gráficamente el punto III de la figura 5, lámina II.-B; cuyas coordenadas son: $\varphi_{III} = 19° 16'$ N. y $\lambda_{III} = 97° 05'$ W. de Greenwich. Las coordenadas del epifoco real localizado por las observaciones macrosísmicas sobre el terreno son: $\varphi_0 = 19° 17'$ N. $\pm 1'$ y $\lambda_0 = 97° 09' \pm 2'$.

Los puntos I y II de la figura 5, lámina II-B, se obtuvieron aisladamente por el método del Príncipe B. Galitzin para las estaciones de Tacubaya y de Oaxaca.

Empleando el método de intersecciones, sin recurrir a ningún procedimiento tendente a forzar favorablemente los resultados de las observaciones instrumentales, hemos obtenido un punto, el III, dentro de la isoseísta XI (lám. I.-B), *que casi coincide con el centro de gravedad de esta área, lugar ocupado por la falla de Ocoxochocan.* Para tener a la vista estos resultados de las observaciones microsísmicas y relacionarlos con las observaciones macrosísmicas sobre el terreno, que constan en la TERCERA PARTE de esta memoria, hemos formado el siguiente cuadro, refiriendo las localidades a los dos puntos más notables del relieve en la región extremecida el 3 de enero de 1920.

LOCALIDAD	Latitud	Longitud	OBSERVACIONES	METODO
I.....	19°32'N.	97°03'W.	Tacubaya, Est. Central.....	B. Galitzin.
II.....	19°14' „	97°18' „	Oaxaca, Oax	„ „
III.....	19°16' „	97°05' „	Tacubaya, Oaxaca y Jalapa.	Intersecciones.
Falla de Ocoxochocan..	19°17' „	97°09' „	Observaciones de campo.	
Cofre de Perote	19°30' „	97°08' „	Comisión Geográfica Expl.	
Pico de Orizaba..	19°02' „	97°16' „	„ „ „	

Desgraciadamente no pudimos utilizar los diagramas de la estación de segundo orden de Mazatlán, Sin., porque los sismógrafos estaban en malas condiciones y el instrumento horizontal marcó una prefase que no correspondió absolutamente a la distancia epicentral.

4.—Registros de los choques anteriores, recientes del mismo foco.—No hay duda de que el área epicentral del 3 de enero pertenece a una región sísmica ya reconocida como tal, por sus movimientos anteriores, cuidadosamente recopilados y consignados en las efemérides sísmicas mexicanas del señor don Juan Orozco y Berra.

En la carta sísmica de la República Mexicana, publicada en 1892 por el Conde F. de Montessus de Ballore, se incluye la región que estudiamos (San Andrés Calchicomula-Jalapa), dentro de una extensa área que llega por el S. hasta el litoral de Oaxaca, área que por su sismicidad se coloca en segundo lugar, entre todas las regiones sísmicas de nuestro país, ocupando el primero el Estado de Guerrero.

Aquí nos referiremos únicamente a los choques premonitores que tuvieron una relación bastante íntima con el terremoto del 3 de enero. Los vecinos de Saltillo Lafragua y los de Chilchotla, recordaban después de la catástrofe del 3 de enero, que 2 meses antes se habían dejado sentir repetidos temblores en esas localidades, produciendo la alarma de las poblaciones por la frecuencia con que se sucedían y la intensidad de algunos de ellos. Este período sísmico se inició poco después del mediodía del primero de noviembre de 1919 y terminó en la madrugada del día siguiente, sintiéndose 16 movimientos en ese lapso de tiempo. En esta forma se inició el fenómeno sismotectónico que algunos días después había de manifestarse bruscamente y con grande intensidad.

El equilibrio que buscaban las capas superiores de la corteza, principió con movimientos pequeños que no fueron suficientes para evitar otro mayor y de graves consecuencias.

El péndulo de 17 toneladas de la Estación Central de Tacubaya, registró en noviembre, del 1.° al 2, nueve de los choques de la región epicentral Chil-

chotla-Patlanalá (Estado de Puebla); aunque algunos de ellos fueron perceptibles para las personas al SW. hasta Saltillo Lafragua y al NE., hasta Jalapa.

Damos a continuación las horas de llegada de los choques premonitores (T. M. G.) a la Estación Central, los intervalos L—P, las distancias epicentrales y el carácter de los movimientos por su aspecto en los diagramas. (Las fases constan en el catálogo de la Estación Central.)

NOVIEMBRE — 1919	Componente	P. T. M. G.	L.-P. Segundos	Kilómetros	Carácter
		h. m. s.			
1º	N.-S.	19 35 06	26	227	II_v
,,	E.-W.	19 35 05	25	220	,,
2	N.-S.	1 42 51	25	220	III_v
,,	E.-W.	1 42 51	24	212	,,
,,	N.-S.	1 49 32	25?	220	I_v
,,	E.-W.	1 49 32	26?	227	,,
,,	N.-S.	2 16 34	26?	227	,,
,,	E.-W.	2 16 34	25?	220	,,
,,	N.-S.	3 01 22	26	227	,,
,,	N.-S.	3 14 54	24?	212	,,
,,	N.-S.	3 19 58	22?	198?	,,
,,	N.-S.	3 47 27	28?	252?	,,
,,	N.-S.	8 14 32	Apenas visible.		

Nuestros últimos registros son ligeramente perceptibles en los diagramas. Los choques del primero al dos de noviembre, no fueron registrados por ningún otro instrumento.

Nótase la constancia de la duración de la fase (L.—P.) que se ha mantenido la misma para el registro del choque megasísmico del 3 de enero de 1920 y para los choques recurrentes.

En virtud de que la región Saltillo Lafragua, Cosautlán, no tiene vías de comunicación (falta servicio postal y telegráfico en Chilchotla, Quimixtlán, Patlanalá, Camuxapa y Barranca Grande), la Estación Central no tuvo conocimiento de los movimientos sentidos con tanta frecuencia en esa zona en el mes de noviembre de 1919; es seguro que debido a este aislamiento no se hayan tenido noticias anteriores de otros choques sísmicos de la misma región. En la carta sísmica de la República que ha estado en formación desde el año de 1909 en la Estación Sismológica Central de Tacubaya, anotamos en el año de 1911 algunos focos sísmicos cercanos a la zona epicentral que nos ocupa, por noticias telegráficas recibidas de Huatusco y Coscomatepec, Ver.

5.—Choques recurrentes registrados en la Estación Central.—Los movimientos sísmicos que siguieron al terremoto del día 3 de enero, no fueron numerosos si se compara ese período de inquietud, con el que ha seguido a otros megasismos. Durante las dos primeras horas que siguieron al choque principal, fueron incontables los sacudimientos en los lugares cercanos al epifoco. Por eso al preguntar a uno de los nativos de Chilchotla algo acerca de la duración del movimiento, dijo: "que había temblando durante dos horas." Esta frecuencia decreció rápidamente durante los primeros días y después fueron escasos los temblores, que siempre estuvieron acompañados de ruidos subterráneos y seguidos de los que producían los nuevos derrumbes en las montañas, cuyo material superficial removido y fracturado había quedado en malas condiciones de estabilidad. La Comisión del Instituto Geológico que visitó la zona epicentral a mediados del mes de marzo, no tuvo ocasión de sentir ningún movimiento sísmico en 10 días de permanencia; sólo se oyeron algunos ruidos subterráneos en Chilchotla.

El período sísmico que despertó el terremoto de Acambay-Tixmadejé en 1912, se prolongó por más de un año y la frecuencia sísmica decreció con lentitud; pero en este terremoto, el equilibrio se restableció con mucha mayor rapidez. Uno que otro temblor se dejó sentir hasta mediados de marzo. La Estación Central registró algunos de los más intensos que siguieron al movimiento principal dentro de las primeras 48 horas en que aquél ocurrió.

Los after-shocks que acompañan a un terremoto, son interesantes para el estudio en el terreno y para el sismográfico, por las razones siguientes:

1.ª La variación de la duración del intervalo (L—P) puede servir para demostrar la migración del foco dentro del accidente tectónico que produjo el terremoto; y por tanto se pueden fijar las dimensiones de él o por lo menos las de su proyección en el terreno, como lo hemos hecho en el presente caso.

2.ª Facilita el trabajo del sismologista y le sirven de comprobación para adquirir seguridad sobre la lectura de la fase L—P, en el sismograma principal.

3.ª Si con el transcurso del tiempo los choques subsecuentes van teniendo una área macrosísmica más y más limitada, significará que los nuevos focos de sacudimiento son cada vez más superficiales.

4.ª Si el período sísmico formado por los after-shocks es largo y la frecuencia sísmica decrece conforme a una ley más o menos conocida a la que pueda asimilarse la curva del período de inquietud, será posible, dentro de límites restringidos y en el terreno de la probabilidad, pronosticar el tiempo en que estas sacudidas deberán desaparecer de la área epicentral.

5.ª El estudio dentro del área epicentral, haciendo uso de tromómetros apropiados, dará mucha luz sobre la localización más aproximada de los focos de estremecimiento y de su profundidad; y si las observaciones son numerosas pueden formarse las ecuaciones para calcular en lo sucesivo distancias epicentrales en las que intervengan las constantes más aproximadas en vista de la densidad y elasticidad de las rocas que forman el medio trasmisor de las ondas en el área epicentral.

En la zona que estudiamos decreció rápidamente la frecuencia sísmica, lo que significa que el movimiento máximo del 3 de enero restableció el equilibrio de una sola vez en las capas estructurales que sirven de soporte al compartimiento de la corteza en que se encuentra el epifoco.

Hemos utilizado los diagramas que trabajaron en la Estación Central inmediatamente después del terremoto y hemos construído la discontinua de la Fig. 4, Lám. III.-B., que contiene 14 movimientos posteriores al terremoto. Este está representado por la línea gruesa y entre los que le siguen debemos distinguir: 1.º *las réplicas o sismos reflejados desde el anti-epicentro* y cuya periodicidad obedeció bastante bien a la ley establecida por el sabio profesor don Emilio Oddone. La Estación Central registró tres que se representan en la discontinua de Gredner (Lám. III-B., Fig. 4) por ordenadas llenas de 5 centímetros de longitud; y marcadas con (R) en sus extremos; los intervalos de tiempo que mediaron entre el choque principal y cada dos de ellas fueron los siguientes: $P(R)_1$—P(principal)= 35m., 14s.; $P(R)_2$—$P(R)_1$= 38m., 39s.; $P(R)_3$—$P(R)_2$= 32m., 11s. Estos intervalos tienen por promedio: 36m., 41s.; y este retardo de 2m., 41s., con respecto a la constante sísmica descubierta por el señor profesor Oddone puede explicarse por nuestra distancia epicentral (225 Km.) o por las perturbaciones que ocasionaron las ondas directas procedentes del mismo foco sobre las ondas reflejadas desde el anti-epicentro.

2.º Constan en la discontinua que presentamos, los choques subsecuentes o recurrentes propiamente así llamados, representados por ordenadas llenas de 2 cm. de longitud. 3.º Un temblor de "relais" o simpático, que se presentó a las 5h., 03m., 04s. (T. M. G.), del tipo doméstico, cuyo epifoco estuvo a 22 Km. de la Estación Central de Tacubaya y que fué sentido en esa ciudad, en la de México y en la población de San Angel, D. F., como macrosismo del grado IV y de breve duración, se representa en la figura citada por una ordenada puntuada. En diez horas fueron registrados 14 choques por el péndulo de 17 toneladas:

Número progresivo	P.	L—P	Kilometros	OBSERVACIONES
	T. M G.	Segundos		
1	4 49 06	?	?	
2	5 00 04	27	234.29	Réplica $(R)_1$
3	5 03 04	3	22.44	¿Del Ajusco?
4	0 13 04	?	?	I_V
5	5 38 43	?	?	Réplica $(R)_2$
6	6 04 45	?	?	I_V
7	6 10 54	26,5	230.68	Réplica $(R)_3$
8	7 23 10	26	227.02	I_V
9	8 36 58	26,7	232.11	I_V
10	8 44 21	?	?	I_V
11	8 57 19	28,5	245.20	I_V
12	10 06 51	26	327.02	II_V
13	10 39 58	26,5	230.08	I_V
14	13 20 39	26	227.02	II_V

Después se registraron otros 3 choques en el péndulo de 17 toneladas, el primero, a las 18h., 27m., 59s. (T. M. G.), del día 4, su prefase fué de 25 segundos, que corresponde a una distancia epicentral de 219,75 Km.; es un microsismo de fases bien definidas; los otros 2 ocurrieron el día 5 de enero a las 3h., 46m., 42s., y a las 7h., 15m., 00s. (T. M. G.), siendo sus prefases de 26 segundos y de 27,5 segundos y sus distancias epicentrales respectivas de 227,02 y 234,29 Km.; estos movimientos fueron apenas perceptibles en el diagrama. Así se cerró el registro de after-shocks en la Estación Central.

Posteriormente, el 28 de agosto de 1920, la Estación Central registró un microsismo a las 10h., 14m., 27s. (T. M. G.), cuya prefase fué de 26,5 seg. y su distancia epicentral de 230,68 Km.; este terremoto fué sentido con violencia en la región epicentral del 3 de enero. Particularmente hemos obtenido informes por vecinos de Saltillo Lafragua, de que no han cesado desde enero, los movimientos sísmicos. En Chilchotla y en Patlanalá han sido frecuentes los ruidos subterráneos. En el Valle de Chilchotla, los temblores recientes de junio y julio del año actual, han producido el alumbramiento de aguas subterráneas; y se nos ha asegurado que al pie de las montañas se han formado ciénegas.

B.

Observaciones instrumentales extranjeras

Deseando el señor Director del Instituto Geológico de México, que la información acerca de este terremoto fuese lo más completa que se pudiera hacer, solicitó de los señores directores de los observatorios e instituciones oficiales y privadas que se ocupan de las observaciones sísmicas, sistemáticas, datos acerca de los registros que hubiesen obtenido con motivo de esta perturbación. Han llegado a nuestro poder los datos de cinco estaciones extranjeras: Spring Hill College, Mobile, Alabama; St. Louis University, St. Louis, Mo., George Town University, Wáshington, D. C.; Harvard University, Cambridge, Mass; y Ottawa, Dominion Observatory. Los datos son muy escasos, y no es que haya sido desairada su solicitud, sino que una característica del sacudimiento del 3 de enero, fué precisamente la de que sus ondas no se propagaron demasiado lejos del epicentro. En cartas muy atentas, los señores directores de algunas instituciones, manifestaron que sus instrumentos no habían registrado el terremoto; mencionaremos entre estas cartas las siguientes: del señor doctor don Eduardo Fontseré, Director del Observatorio de Fabra, Barcelona, quien hace notar que tampoco se registró en ninguna de las estaciones españolas; del señor Director de la Weather Bureau, Central Office de Manila, Islas Filipinas, profesor don Miguel Saderra y Masó S. J.; del señor Director del

Observatorio de la Plata, profesor don J. Aguilar; del señor Director del Observatorio Nacional del Río de Janeiro, Brasil, don Henrique Morez; del señor Director de la Huaptstation Fär Erdbebenforschung am Physikalischen Stats-Laboratorium zu Hamburg, profesor y doctor R. Schütt, quien dice que el temblor mexicano proporcionó un registro demasiado débil, las estaciones italianas no lo registraron. Esto constituye una prueba de que el foco del terremoto fué muy poco profundo, además de las que presentaremos en la tercera parte de esta memoria. Daremos a continuación los datos de las cinco estaciones mencionadas en primer lugar, transcribiendo algunas de las opiniones autorizadas que emiten acerca de los registros los distinguidos sismologistas: J. B. Woodworth, F. A. Tondorf S. J. y Cyril Ruhlmann S. J.

1.—SPRING HILL COLLEGE, MOBILE ALABAMA

Coordinadas, latitud 30° 41′ 44″ N.; longitud 88° 08′ 46″ W. de Greenwich. Altura sobre el nivel del mar, 60 metros. Instrumento: Wiechert 80 kilogramos. (La componente NE. no está amortiguada.)

ENERO 1920	FASES EN TIEMPO MEDIO DE GREEENWICH			Fin	Amplitud T.			Km.
	Pe.	S ó L	M.		E.	N.	S.	
4	h. m. s. 4 26 48	h. m. s. 4 29 14	h. m. s. 4 29 18	h. m. s. 4 43 00	5.3	5.3	3.5	1,410?

"De México: registro peculiar. Período corto; PS. tienen el mismo período (3.5); intervalo S—P muy corto; falta L; E. amortiguada; N. sin amortiguamiento, dieron registros idénticos, parecen ser una superposición de ondas P. de diferentes choques."

Director *Cyril Ruhlmann S. J.*

El señor Ruhlmann manifiesta además, que la distinción de P. y S. es muy clara, siendo la misma la lectura sobre ambas componentes, aunque la N.—S. no estaba amortiguada, lo que se explica por el período demasiado corto de las ondas. Después añade, y esto es importante para nosotros, "los temblores mexicanos me dan muy raras veces una distinción entre S. y L. ¿es esto porque entre nosotros no hay otra cosa que agua?"

Esta misma dificultad la hemos experimentado en la Estación Central de Tacubaya, cuando se registran movimientos de la América Central, cuyas distancias epicentrales oscilan entre 1,000 y 2,000 Km. y en estos casos, el medio trasmisor de las ondas no es siempre el fondo del Océano, sino el banco continental; es posible que se trate de una constante desconocida entre los intervalos de emergencia de las ondas S. y de la llegada de las ondas L., lo que podía aclararse cubriendo con puntos de observación, el espacio que media entre nuestras estaciones actuales y las del país vecino, circunstancia que ya se ha tomado en consideración al discutirse un proyecto de reinstalación de estaciones sismológicas en México y que se realizará en breve.

2.—ST. LOUIS UNIVERSITY, ST. LOUIS MO.

Coordenadas: latitud 38° 38′ 17″ N. Longitud 90° 13′ 58″, 5 W. de Greenwich. Instrumento Wiechert de 80 kilogramos (astático horizontal). Tiempo medio de Greenwich.

Enero 4 de 1920.

P_n: $4^h.\ 26^m.85$ P_e: $4^h.\ 26^m.85$
S_n: $4^h.\ 30^m.65$ S_e: $4^h.\ 30^m,70$

"L no se distingue en ninguna de las dos componentes."

$M_N = 4^h.37^m,5$ $M_N = 4^h.37^m,5$

$F = 4^h.58^m$

$\Delta = 2,310$ kilómetros.

Director, *J. B. Goesse, S. J.*

3.—GEORGETOWN UNIVERSITY, WASHINGTON, D. C.

Coordenadas: latitud: 38° 54′ 25″ N.; longitud: 77° 04′ 24″ W. de Greenwich; altura sobre el nivel del mar: 42,4 metros.

ENERO 4 — 1920	FASES EN T. M. G.			FIN	Kilómetros
	Pe	S.	eL.		
	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	
Componente E.-W.....	4 27 53	4 32 52	4 35 18	5 20 00	3,230
„ N.-S.....	4 27 53	4 32 46	4 35 18	5 20 00	3,140

"No se distingue M. No hubo porción principal en el diagrama."

Director, *F. A. Tondorf, S. J.*

4.—HARWARD UNIVERSITY, CAMBRIDGE, MASS.

Coordenadas: latitud: 42° 22′ 36″ N.; longitud: 71° 06′ 59″ W. de Greenwich; altura sobre el nivel del mar: 7 metros. (Amortiguamiento magnético 1½ : 1.).

"Las ondas eP. tuvieron en ambas componentes horizontales, un período de 2 segundos; las iP. de 3 segundos en la componente EW. Las S. de 6 segundos en ambas componentes; y las ondas L. de 13 segundos, así como la M. en la componente EW."

ENERO 4 — 1920	FASES EN TIEMPO MEDIO DE GREENWICH					FIN	AMPLITUD		T.	Distancia epicentral
	eP.	iP	S.	eL.	M.		E.	N.	s.	
	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.					
Comp. E.-W.	4 28 37	4 28 45	4 33 56	4 37 07 ?	4 46 39	4 45 (ca.)	2.5	2.5	13	3,530 Kms.
Comp. N.-S...	4 28 40	4 28 49	4 33 56	4 37 07 ?	.....	.....	.....	.....	...	3,530 „

"Los registros fueron considerablemente perturbados por microsismos que tenían período de 6 segundos, de tal manera que la emergencia de las ondas P. fué obscura, excepto para las iP. en las que se marcó un brusco impulso y un aumento de amplitud. Se encuentra sobre ambos registros, una débil huella de pequeñas vibraciones superpuestas sobre las ondas microsísmicas y aparecen algunos segundos antes que iP. Estas pequeñas vibraciones tienen períodos de 2 segundos y son las eP." El señor profesor J. B. Woodworth en carta anterior al envío de las fases del movimiento, que ya presentamos, tiene algunos conceptos de significante importancia para la sismología: "El carácter del registro en esta estación, la de Harvard, recuerda el del temblor que destruyó Cartago de Costa Rica en 1910. Indicó una intensidad débil a la distancia, TAL ES CON FRECUENCIA EL CASO DE LOS CHOQUES FUERTEMENTE SENTIDOS CERCA DE LAS ESTRUCTURAS POCO PROFUNDAS DE UN CONO VOLCANICO."

Es muy notable el caso de que el distinguido profesor de geología de Harvard, haya penetrado tan claramente en algunas de las condiciones tectónicas y estructurales que tuvo el terremoto del 3 de enero al producirse, bastán-

dole solamente la fisonomía y la interpretación de los registros obtenidos en Harvard, mucho antes de recibir informaciones dignas de crédito sobre la naturaleza del fenómeno. Hay más todavía, al referirse a la intensidad del megasismo, recuerda la catástrofe de Cartago de Costa Rica y ya veremos en el capítulo VI de la tercera parte, que el terremoto que estudiamos se acerca más al de Costa Rica que a cualquier otro de los que se han hecho memorables en los últimos años, por lo que respecta a la energía cinética desarrollada en ambos movimientos terrestres.

En otro párrafo de la misma carta (30 de enero de 1920), el señor profesor Woodworth trata el asunto de la propagación de las ondas, como ya dijimos que lo hace el señor profesor C. Ruhlmann de Mobile, Alabama, y se expresa en los siguientes términos:

"No puedo resistir la tentación de pensar que nuestras tablas de velocidad de propagación de las vibraciones P. y S. no son correctas para los temblores mexicanos. Las vibraciones que llegaron a la estación de Harvard del temblor del 3 de enero, atravesaron la corteza, abajo del fondo del Golfo de México y por consecuencia aproximadamente bajo el eje de la cadena montañosa de los Appalaches, que recorre la parte oriental de Estados Unidos; si esta estructura afectó la velocidad de propagación a la profundidad de las trayectorias de P. y S., aparentemente aumentó la velocidad más bien que haber decrecido; y por tanto, el intervalo S—P fué más corto que el normal y la distancia epicentral dada por las tablas será demasiado corta; y finalmente, el tiempo de presentación demasiado retardado."

Es ciertamente posible que la velocidad de las ondas, al penetrar a la profundidad, en el macizo montañoso de los Appalaches, se incremente, porque el granito, gneiss, esquistos cristalinos, etc., que forman el zócalo de la cordillera, tienen mayor elasticidad que los terrenos volcánicos terciarios o que las calizas cretácicas. Finalmente, el señor profesor Woodworth localiza el epifoco del terremoto mexicano por intersección del arco que fija la distancia epicentral de 3,530 Km. con el círculo máximo que pasa por Cambridge y el Pico de Orizaba; y obtiene un punto a 40 Km. al N. 38° E. del Pico de Orizaba, es decir, señala un lugar muy próximo a Barranca Grande, Ver., dentro de la isoseista X del terremoto. (Véase la lámina I-B.)

5.—OTTAWA, EARTHQUAKE STATION, DOMINION OBSERVATORY

Coordenadas: latitud, 45° 23′ 38″ N.; longitud, 75° 42′ 57″ W. de Greenwich; altura sobre el nivel del mar: 83 metros. Enero 4 de 1920.

FASES EN TIEMPO MEDIO DE GREENWICH			FIN	Distancia epicentral
*e*P.	*e*S.	*e*L?		
h. m. s. 4 28 39	h. m. s. 4 33 52	h. m. s. 4 37 42	h. m. s. 5 15 00	3,440 kilómetros.

Las ondas S. parecen contener las ondas P. de corto período de un segundo temblor superpuesto al primero. Las ondas L tuvieron un período de 15 segundos.

Director: *Ernest A. Hodgson.*

Al tratar de los registros de Spring Hill College, ya vimos que el señor Prof. Ruhlmann hace notar que parecen estar formados de ondas que provinieran de choques diferentes.

Ya para dar por terminado este capítulo y cuando habíamos perdido la esperanza de obtener mayor número de datos, recibimos el Bulletin of the Sismographic Stations of The University of California, número 19 del 29 de septiembre de este año, publicado en Berkeley, que contiene las observaciones hechas en las estaciones de Berkeley y de Lick, California.

Hemos juzgado oportuno introducir aquí los datos del catálogo de las estaciones mencionadas y la discusión que de los registros del terremoto del 3 de enero hace el Sr. Prof. Lewis A. Bond.

6.—BERKELEY STATION, CALIFORNIA

Coordenadas: latitud, 37° 52′ 15″ 9 N.; longitud, 122° 15′ 36″ 6 W. de Greenwich; altura sobre el nivel del mar, 85.4 metros. Las fases están dadas en Tiempo Medio Civil de Greenwich.

1920	Carácter	FASES	T. M. C. G.	T. s.	AMPLIACION			Distancia epicentral
					A_E.	A_N	A_V	
			h. m. s					
Enero 4....	III_T	O.	4 22 04	.....	.....	.....	.....	3,170 kilómetros.
„ 4....	„	$e P_{.N}$	4 28 18					
„ 4....	„	$e P_{.E}$	4 28 22					
„ 4....	„	$e P_{.V}$	4 28 16					
„ 4....	„	$e S_{.N}$	4 33 13					
„ 4....	„	$e S_{.E}$	4 33 11					
„ 4....	„	$e L_{.N}$	4 36 02					
„ 4....	„	$M_{.N}$	4 41 59	14	.....	101		
„ 4....	„	$M_{.E}$	4 41 52	10	132			
„ 4....	„	$M_{.V}$	4 41 41	10	.....	.....	53	
„ 4....	„	F.	4 05 (ca.)					

7.—THE LICK OBSERVATORY STATION, CALIFORNIA

Coordenadas: latitud, 37° 20′ 24″.5 N.; longitud, 121° 38′ 34″ W. de Greenwich; altura sobre el nivel del mar, 1,287.7 metros.

1920	Carácter	Fases	T. M. C. G.	T. S.	Amplitud			Distancia epicentral
					A_E	A_N	A_V	
			h. m. s.					
Enero 4....	III_T	$e P_n$?	4 29 08					
„ 4....	„	$M_n 1$	4 38 46			21		
„ 4....	„	$M_n 2$	4 40 36			22		
„ 4....	„	M_e	4 40 55		48			
„ 4....	„	F	4 57					

"No se registró el movimiento en la componente vertical."

"El 4 de enero un choque sísmico destructor se registró en México. Las noticias de la prensa localizaron el área de la perturbación máxima en las cercanías del volcán de Orizaba, cerca de 70 millas al W. de Veracruz. Los registros del movimiento en las estaciones de Berkeley y del Observatorio de Lick presentan algunas peculiaridades interesantes."

"En la estación de Berkeley, la energía transmitida por el choque no fué suficiente para registrarse en los diagramas del tromómetro de Omori, pero los sismogramas del vertical Wiechert y de las componentes NW. y EW. de los instrumentos Bosch-Omori proporcionaron en conjunto un registro bastante satisfactorio del temblor."

"En el momento de la llegada de las ondas P., fueron registrados algunos microsismos persistentes por las componentes horizontales. Estos no aparecieron en la vertical; y aquí se registró una excelente "emersio" de las ondas P. a las 4 h., 28 m., 16 s. Durante algunos segundos antes del movimiento, pudieron distinguirse microsismos registrados por ambas componentes horizontales. Excepto en la componente vertical, las amplitudes de las ondas P. son excesivamente pequeñas en comparación con las de las fases L. y S."

"En la componente EW. aparece a las 4 h., 33 m., 11 s., una nueva fase marcada por un incremento tanto en período como en amplitud. Una comparación con las otras componentes demuestra un cambio semejante de carácter, aunque menos claramente marcado y aproximadamente en el mismo tiempo. Esto constituye el único cambio apreciable en la naturaleza del registro antes de la llegada de las ondas largas. El cambio es por tanto interpretado como debido a la llegada de los segundos tremors preliminares."

"La única guía para determinar el tiempo de "incepción" de la fase principal se obtuvo del registro de la componente NS. En ella se presentaron las ondas de largo período a las 4 h., 36 m., 02 s., que aunque complicadas por la continuación del registro de las ondas S. por varios minutos, se incrementan bien pronto en amplitud y llegan a ser distintamente sinusoidales. La interpretación de este tiempo como el que corresponde al principio de la fase principal, está de acuerdo con la parte precedente del registro."

"En las otras dos componentes, las ondas S. ocultaron efectivamente el principio probable de la fase principal; y no es sino dos minutos más tarde con respecto al tiempo dado anteriormente para la "incepción" de las ondas L., cuando estas ondas principian a dominar en los registros."

"La máxima ocurrió aproximadamente al mismo tiempo en las tres componentes. En el momento de la máxima, las ondas fueron de un período notablemente mayor en la componente NS. que en las otras dos componentes, estas últimas tuvieron períodos iguales. El desalojamiento máximo fué un veinticinco por ciento mayor en la componente EW. que en la NS."

"Los registros de la estación de Lick fueron muy poco satisfactorios. Debido probablemente a un ajuste defectuoso de los instrumentos, fueron pobremente inscriptas las ondas y los registros son de poco valor para aprender algo de ellos."

Director: *Lewis A. Bond.*

8.—LA FASE "CERO"

Con los datos anteriores hemos determinado para cada estación la fase "cero" del terremoto, haciendo uso de las tablas del señor profesor Otto Klotz, publicadas en Otawa en 1916, y encontramos los resultados más divergentes, que nos hacen confirmar las irregularidades anotadas ya por los señores profesores Woodworth y Ruhlmann en los párrafos anteriores.

ESTACIONES	O.	P.	Kilómetros
	h. m. s.	h. m. s.	
Tacubaya, México, D. F.	4 24 18	4 24 50	212
Spring Hill Coll. Mobile, Ala.	4 23 46	4 26 48	1,400
St. Louis Univ., St. Louis Mo.	4 22 04	4 26 51	2,310
Berkeley Station, California	4 22 0[illegible]	4 28 16	3,170
Georgetown Univ., Wásh., D. C.	4 21 40	4 27 53	3,185
Harvard Univ., Cambridge, Mass.	4 21 54	4 28 37	3,530
Ottawa, Canadá	4 22 03	4 28 39	3,440?

Como se ve por los datos anteriores, las estaciones de San Louis Mo., Berkeley, Harward y Ottawa, son las que proporcionan los tiempos más aproximados para la fase "cero," de manera que la más probable será 4 h., 22 m., 01 segundos.

Con el material de que disponemos resultará infructuosa la construcción del hodógrafo, los datos son muy escasos y dentro del primer megámetro en torno del epifoco no contamos con otra estación que la de Tacubaya, precisamente dentro del espacio en donde son necesarias muchas observaciones.

9.—CONCLUSIONES SISMOGRAFICAS

a). El terremoto fué registrado por un pequeño número de estaciones, no existiendo registros de él a más de cuatro megámetros del epifoco; lo que demuestra que el foco o hipocentro fué poco profundo.

b). Dentro del área macrosísmica las estaciones de Tacubaya y de Oaxaca recibieron el choque inicial bruscamente y en la forma de una onda de compresión, dato sismográfico que unido al anterior confirma la poca profundidad del hipocentro.

c). Las ondas longitudinales que partieron del foco de sacudimiento tuvieron una longitud de 11,285 metros, dentro de los 250 Km. en torno del epifoco.

d). La localización del epifoco por el método del Príncipe Boris Galitzin, aplicado a las observaciones sismográficas de Tacubaya, estuvo afectada de un error de azimut, debido a que los sismógrafos solamente están orientados según las direcciones cardinales principales, necesitándose que algunos de ellos ocupen posiciones intermediarias para recibir el rayo sísmico en las condiciones más favorables. El mismo método aplicado a los sismogramas de la Estación Sismológica de Oaxaca, condujo a un resultado erróneo por el desajuste de los amortiguadores del sismógrafo horizontal.

e). Los intervalos L—P que correspondieron a los choques premonitores del 2 de noviembre de 1919, al choque principal del 3 de enero y a los choques recurrentes, fueron bastante concordantes para fijar la proyección horizontal del accidente tectónico que produjo el gran terremoto, demostrándose además que no hubo migración del foco. La misma constancia se observó en los registros de las estaciones de Oaxaca y de Jalapa.

f). Por el método elemental de intersecciones y dado que no hubo migración del foco, fué posible la localización retrospectiva del epifoco con resultados satisfactorios, pues coinciden las coordenadas geográficas así determinadas (Lám. 2-B, figura 5. Punto III), con las de la parte media del plano de Falla de Ocoxochocan, accidente sismotectónico que ocupa el centro de gravedad de la área pleistosística del 3 de enero.

g). En vista de que las variaciones de los intervalos L—P de los choques anteriores y posteriores al terremoto se verificaron dentro de límites muy restringidos, fijamos las dimensiones de la línea de falla que entró en actividad sismogénica; los intervalos oscilan entre 22 y 28 segundos, lo que demuestra que la dovela movida mide 45 kilómetros más o menos de Oriente a Poniente, ocupando la parte media de esta longitud la falla de Ocoxochocan.

h). El carácter de los registros obtenidos en las estaciones extranjeras, imprimen al terremoto la particularidad común de haber proporcionado sismogramas con ondas superpuestas que parecían provenir de choques distintos.

i). La dificultad para demarcar las fases S. y L. en los terremotos mexicanos cuando sus registros se hacen en estaciones situadas de 2,000 a 3,000 kilómetro del epifoco, es la misma que ya hemos observado para distinguir la llegada de las ondas S. y la de la fase principal, cuando se trata de terremotos cuyos epifocos se localizan en la América Central. Se hace necesaria la liga entre el centro de nuestro país y el N. por medio de punto de observación de que ahora carecemos para descubrir la constante que debe introducirse en las fórmulas que empleamos para calcular distancias epicentrales.

j). El momento físico en que las ondas longitudinales emergieron en el epifoco o sea la fase "cero," fué a las 4 h., 22 m., 01 s. (T. M. G.), como la más probable.

Tacubaya, D. F., 3 de octubre de 1920.

H. Camacho.—M. Muñoz Lumbier.

TERCERA PARTE

CAPITULO I

Itinerario

El 8 de marzo próximo pasado, obedeciendo instrucciones del señor Director del Instituto Geológico de México, me transladé a San Andrés Chalchicomula, Pue., acompañado del fotógrafo señor David N. Chávez y del colector de muestras señor David Enríquez R. Desde ese lugar empecé a desarrollar el itinerario prescrito y que marco en el mapa sísmico (Lám. I-B). Hice el regreso por el mismo camino, empleando trece días en el recorrido total; los lugares poblados que visité se sitúan en una línea sinuosa que vuelve su concavidad hacia el Pico de Orizaba (Lám. IV-B, Fot. 1), desde San Andrés hasta Saltillo Lafragua; y después la dirige hacia el Cofre de Perote, de Saltillo Lafragua a Jalapa, lugar que visité en un segundo viaje.

Consignaremos algunas distancias parciales entre los puntos del itinerario:

San Andrés-Tlachichuca	28	Kilómetros.
Tlachichuca-La Capilla	14	„
La Capilla-Huecapa	9	„
Huecapa-Saltillo Lafragua	5	„
Saltillo Lafragua-Chilchotla	24	„
Chilchotla-Patlanalá	12	„

El perfil de este itinerario demuestra (Lám. II-B, Fot. 1), que en un descenso suave se va desde San Andrés a Huecapa y que el perfil apenas se interrumpe por el parte-aguas de poco relieve de Tlachichuca y los cauces de los ríos Valiente y Quetzalapan, corrientes torrenciales que nacen en las estribaciones occidentales del Pico de Orizaba. De Huecapa a Saltillo comienza el ascenso por los lomeríos que se desprenden al occidente del alineamiento orográfico que va del Pico de Orizaba al Cofre de Perote y que se orienta casi de Sur a Norte. El itinerario que seguimos cruza esta cumbrera importante en el cuello denominado Puerto del Cerro de Toluca, cuya altura absoluta es de 3,070 metros. Después se inicia el descenso en muy fuerte pendiente por la cuesta del mismo cerro hasta Texcalango, pequeño valle que se forma en las vertientes orientales del alineamiento orográfico mencionado; ese valle queda limitado por los restos de diques andesíticos que el trabajo erosivo ha respetado, dejando también los testigos de un derrame de lava andesítica que cubrió ambos flancos de la cumbrera ya citada. Sigue el descenso hacia Acocomotla (Totolintla), valle más amplio que el de Texcalango; y en donde aflora el basalto negro y escoreaceo (Lám. IV-B, Fot. 2). Este valle se ve surcado al Norte y al Sur por los arroyos que inician el nacimiento del río Huitzilapa, que recibiendo arroyos de importancia por su izquierda y conservando el rumbo medio de W. a E. pasa por Calixitla, Ocotene (bis) y Chilchotla. Inútil es decir que el itinerario sigue el cañón del río Huitzilapa o de Los Pescados desde Acocomotla a Patlanalá. La figura 1, Lám. II-B, indica la pendiente de este cañón transversal al alineamiento que denominaremos de hoy en adelante "Perote-Orizaba."

CAPITULO II

Fisiografía

1.—*Orografía.*—Del alineamiento mencionado avanzan al Oriente contrafuertes transversales de flancos abruptos que conservando en buena extensión, el rumbo W.-E., se separan entre sí por ríos de montañas encajonados, en fuerte pendiente y alimentados por manantiales abundantes y de régimen constante. El descenso de la cumbrera principal hacia el Este, es acentuado y prolongado; los valles transversales que *dividen* los distintos contrafuertes, son estrechos y profundos y conservan cierto paralelismo. Su perfil transversal acusa dos cosas: su juventud en el ciclo geográfico y que su modelado por la erosión se ha verificado según líneas de mínima resistencia, ocupadas por los thalwegs actuales.

Contrastando con este descenso rápido de las vertientes orientales de la cumbrera mencionada, se presentan las occidentales surcadas también por barrancas transversales que dejan entre sí salientes que avanzan hasta Huecapa y van a morir en un valle extenso y arenoso cuya altura media es de 2,500 metros sobre el nivel del mar. Estas vertientes son totalmente diferentes de las orientales por su aspecto fisiográfico, pues son lomeríos desnudos de vegetación arborescente, cubiertos de tobas y arcillas deleznables y pulverulentas; lomeríos arredondados, separados por barrancos secos.

En uno de estos barrancos, que desciende de E. a W., se encuentra el pueblo de Saltillo Lafragua. En estas vertientes escasean los manantiales, la vegetación es casi nula; y el viento persistente y seco que recalentado asciende del valle, por fenómeno de convección, produce depósitos eólicos continuados en estos lugares, en que se cultiva la patata de preferencia a cualquiera otra planta. Las precipitaciones abundantes del Oriente de la cumbrera alimentan numerosos manantiales y las corrientes superficiales han disecado y modelado formas abruptas con vegetación abundante y en donde afloran: las andesitas en la parte alta y el basalto en el escalón de Texcalango, mientras que al Occidente, no se descubre la roca viva sino a 4 kilómetros al E. de Saltillo Lafragua y a 360 metros sobre el nivel del pueblo. Allí, en los bordes de una corriente de andesita, surgen de sus diaclasas los manantiales que escasamente surten al pueblo mencionado.

La Morfología de ambas vertientes es completamente distinta: del lado de Saltillo Lafragua, lomas convexas y arredondadas como el carapacho de una tortuga; del lado de Chilchotla, montañas imponentes que se alínean paralelamente de W. a E. y que aparecen como cuchillas triangulares cuyos flancos de fuerte pendiente ha modelado la erosión, quizá favorecida por bruscos movimientos sísmicos verificados en épocas anteriores.

2.—*Hidrografía.*—El thalweg principal de la red hidrográfica al Oriente del alineamiento "Pico de Orizaba-Cofre de Perote," es el río Huitzilapa o de Los Pescados. Su curso medio es transversal al alineamiento citado y se dirige casi de W. a E. Los caracteres de esta red hidrográfica guardan probablemente estrecha relación con el fenómeno sísmico que estudiamos. La ley universal de que los fenómenos naturales se verifican en el tiempo mínimo; y conforme a la cual, los movimientos de cualquiera especie definen trayectorias que siguen siempre líneas de mínima resistencia, tienen en Mecánica, en Geología y en otras ramas de la Ciencia, numerosas comprobaciones. Los hidrólogos admiten esta ley, por la cual las trayectorias de los filetes líquidos siguen en su circulación subterránea líneas braquistocrónicas. De la misma manera se llaman desde el punto de vista mecánico las trayectorias seguidas por los rayos sísmicos.

Es natural suponer que el camino escogido por las aguas superficiales, gobernadas en su movimiento por la gravedad, debe obedecer al mismo principio universal; ahora bien, tratándose de la parte alta del curso de un río, en donde el trabajo erosivo es predominante y nula la deposición, debemos pensar que su thalweg es el lugar geométrico de los puntos que han presentado la mínima resistencia a la erosión; y así puede suceder que las aguas

superficiales sigan la dirección de una fractura o grieta antigua, el contacto de dos formaciones distintas, una línea de falla, el eje longitudinal de un pliegue o de una flexión, etc.

No significa esto que forzosamente los thalwegs de una red hidrográfica se dispongan de tal manera que marquen las líneas de disolución de la corteza terrestre; pero no deja de ser verdad que algunos tramos en el curso de los ríos se alínean y se subordinan a la dirección de distintos accidentes tectónicos, tanto porque los ejes de estos accidentes: fracturas simples, fallas, pliegues, flexiones, fosas, etc., presentan caminos fáciles a la erosión, cuanto porque las regiones dislocadas ofrecen saltos y contrastes de relieve que obligan a las corrientes superficiales a seguir direcciones paralelas a los ejes de disolución. Insistiremos en la estrecha relación que existe entre la tectónica y la forma de drenaje de una región dislocada, de la cual tenemos un excelente ejemplo en la red hidrográfica que vamos a describir.

El río Hitzilapa ha labrado su curso en los basaltos que forman el basamento del Cofre de Perote y que fueron el producto de las primeras erupciones de ese volcán; ocupa el fondo de un cañón profundo y estrecho cuya sección es una V, presenta tramos alineados de W. a E. y guarda su paralelismo con los accidentes orográficos vecinos.

Sus afluentes corren entre cañadas angostas de paredes escarpadas, afluyen al tronco principal y dan al conjunto de la red el mismo aspecto que tomarían las raíces de una planta sumergidas en una corriente de agua y que se flexionaran al impulso de ésta; eso se observa entre Chilchotla y el Puente de Quimixtlán; después, río abajo, el curso del Huitzilapa se dirige al NE. y pasa al S. de Patlanalá. Pero el aspecto fisiográfico de esta barranca grandiosa se conserva y prosigue en aumento, pues, aguas abajo de Patlanalá y antes de llegar a Barranca Grande (cuya población fué arrasada por la inundación de lodo que siguió al terremoto), el Huitzilapa corre entre dos muros gigantescos: por su derecha el muro vertical llamado Ocotene, citado ya en la primera parte de esta Memoria, y que se eleva a cerca de 800 metros sobre el lecho del río, y por su izquierda, el alineamiento denominado Espinazo del Diablo y después La Vigía, cuya cresta o arista, elevándose gradualmente de Barranca Grande hasta algunos kilómetros al E. de Patlanalá, llega a alcanzar cerca de 650 metros de altura sobre el lecho del mismo río, en la cumbre de La Vigía. (Lám. V-B, Fot. 1).

Solamente en Chilchotla y en Patlanalá se observan ensanchamientos en el cañón que ha modelado el Huitzilapa, formándose dos pequeños valles erosivos en que se asientan las poblaciones de esos nombres. En estos mismos sitios se verifica la afluencia de los arroyos que alimentan el caudal normal del Huitzilapa y probablemente a la acción erosiva de los afluentes en los lugares citados se debe la formación de los valles.

El río pasa al N. y Noreste de Chilchotla obteniendo su salida por un cañón estrecho de muros basálticos elevados, recibiendo antes las aguas del arroyo de Temascalapa por su izquierda (Lám. V-B, Fot. 2); y del arroyo de Matlacapa por su derecha, el que a su vez recibe las aguas de Chilchihuapa, que pasa al W. de Chilchotla. Estos arroyos son permanentes, han profundizado su curso en las tobas suaves y delesnables del Valle de Chilchotla, que medirá apenas 180 hectaras; y que queda circunscrito por estas corrientes permanentes que se deslizan al pie de las abruptas montañas que con altura media de 250 metros sobre Chilchotla, circundan el valle en anfiteatro. El Matlacapa y el Chilchihuapa al descubrir en sus lechos el derrame de basalto columnar que sirve de asiento al valle, antes de precipitar sus aguas en la corriente principal, producen caídas utilizables para la industria al Oriente y muy cerca de Chilchotla.

Los suelos arcillo-arenosos del Valle de Chilchotla son fértiles y de buen espesor, provienen de la desintegración de las tobas basálticas y de la corteza de tierra vegetal que recubre los flancos de las montañas circunvecinas.

El río no vuelve a recibir otros afluentes importantes sino hasta llegar a la entrada del Valle de Patlanalá. Antes de recibir estos nuevos afluentes, su gasto normal es de 3.36 metros cúbicos por segundo, en el punto denomi-

nado "La Chorrera," entre Patlanalá y el Puente de Quimixtlán (según aforo del señor ingeniero Rafael Nájera y del suscrito).

Al SW. de Patlanalá recibe el Huitzilapa por la derecha los arroyos de Aguacapa o Cuahunelcuac, de Huitzilacone u Ocoxochil y de Pilapa; y por la izquierda, el arroyo de Cuixapa.

Repitiéndose el mismo fenómeno, volvemos a observar que el río sólo recibe el contingente de los arroyos permanentes al ensanchar su cañón en el valle de lo que fué Barranca Grande; en este sitio afluyen por la izquierda el Chululapa y el Ixhuacán y por la derecha el Tenexapa. Desde este punto el río se llama de Los Pescados.

En resumen: el Huitzilapa es el tronco principal de la red hidrográfica que nace en la vertiente oriental del alineamiento "Orizaba-Perote" y el tramo de su curso ya descrito acusa la juventud de la red hidrográfica en su ciclo geográfico, tanto por la topografía montañosa de su cuenca, como por la altura de su nacimiento en relación con su desarrollo lineal contado hasta su desembocadura, lo que le da el carácter de río de montaña. Los afluentes de esa red nacen en las rinconadas que forman entre sí los desprendimientos de los núcleos volcánicos ya citados. La acción erosiva de los arroyos afluentes ha determinado la formación de tres valles pequeños que rompen la monotonía del cañón labrado por el río. La morfología de este cañón hace suponer que el Huitzilapa profundizó su thalweg *en una línea de fractura periférica en torno del Cofre de Perote;* las formas bizarras de los muros que limitan este cañón hacen pensar en lo que el célebre sismologista F. Montesus de Ballore llama "topografía sísmica."

CAPITULO III

Cortes geológicos

En vista de haber sido muy corto el tiempo que dediqué a mis observaciones en el campo, de la inseguridad que reinaba en aquella región por el bandidaje y de mi reconocida insuficiencia para hacer la historia geológica de la zona pleistosística, me veo precisado a dar a conocer solamente algunos cortes geológicos hechos transversalmente al curso del Huitzilapa, además del longitudinal que corresponde al itinerario desarrollado. (Lám. II-B, Fot. 1).

En los llanos extensos de Tlalchichuca, La Capilla y Huecapa, se encuentran las tobas volcánicas en un espesor como de 45 metros, descansando en los basaltos y cubiertas por la tierra vegetal y por los depósitos eólicos de que ya hablamos. De Huecapa a Saltillo se recubren las laderas de los lomeríos, de tobas incoherentes y pulverulentas. El basalto negro y escoriáceo se descubre en el fondo del arroyo de Saltillo Lafragua.

A 220 metros sobre Saltillo y al Oriente de esta población, afloran corrientes de andesita; en Agua de la Mina y en el cerro de Toluca, poderosas corrientes acantiladas de andesita coronan el parte-aguas; después, hacia el Oriente, aflora la misma roca en diques en la cuesta del Toluca y en Texcalango a 2,760 metros sobre el nivel del mar. Esas corrientes andesíticas son los restos de un derrame de lavas que cubrió ambos flancos del parteaguas y que fué producto de una de las erupciones del Pico de Orizaba. Siguiendo el descenso hacia el Oriente, el basalto se aflora en Acocomotla, segundo escalón de la vertiente Oriental de la sierra.

El Huitzilapa ha descubierto la estructura columnar basáltica entre Chilchotla y Patlanalá. Sobre este basamento basáltico descansan las andesitas, descubriéndose un derrame de 200 metros de espesor, como puede observarse en el flanco izquierdo del profundo y acantilado cañón del Huizilapa.

Las andesitas se presentan fracturadas por numerosas diaclasas que se disponen en forma de abanicos de ejes verticales. Este derrame abundante de lavas andesíticas se observa en las cercanías de Patlanalá, recubierto por

tobas pomosas y cenizas volcánicas que sufrieron considerables derrumbes a causa del terremoto.

Al Noreste de Patlanalá sobre el flanco izquierdo del río, se levantan crestas acantiladas que se conocen de Poniente a Oriente con los nombres de Cerro Colorado o Tlatlahuictepetl, Tepehican ("atrás del cerro"), Tlachichilpa y Acantiopa (Lám. VI-B, Fots. 1 y 2), se observan de abajo hacia arriba las siguientes formaciones (Lám. II-B, Fot. 2, Figs. a y b.) andesitas con diaclasas verticales, calizas metamórficas plegadas, siendo los ejes de los pliegues transversales al curso del río; andesitas, tobas andesíticas y tierra vegetal. Al pie del Cerro Colorado surgen manantiales de agua freática que alimentan la pequeña laguna de Patlanalá, que tiene una superficie aproximada de 16 hectaras; al Sur de la laguna se levanta a pocos metros de altura el Cerrito de Patlanalá, coronado por una mesa plana. Hacia el Sur del cerrito se encuentra el flanco acantilado del río Huitzilapa, cuyo lecho muy profundo deja a la derecha un muro casi vertical, de una altura parecida a la del Tepehican. El sabio profesor don Emilio Oddone piensa que la laguna de Patlanalá es el vestigio de un antiguo cráter andesítico; que las andesitas inferiores del Cerro Colorado, cuya estructura es columnar, son los restos de las paredes de la chimenea; y el Cerrito, fué formado por un derrame de lava andesítica. El señor ingeniero don Leopoldo Salazar Salinas, cree que las lavas andesíticas inferiores y superiores en el corte cuyo croquis presentamos, fueron un mismo derrame de un foco volcánico más lejano; y que la erosión ayudada por los desprendimientos y derrumbes del flanco de la montaña, producidos por movimientos sísmicos, ha bastado para poner en descubierto las capas de calizas cretácicas que en un principio estuvieron cubiertas por las lavas andesíticas.

Es posible que en este lugar, ya por el cráter que supone el señor Oddone o por grietas eruptivas se haya verificado la eyaculación de las lavas andesíticas que rompieron, dislocaron y metamorfosearon las calizas cretácicas. Efectivamente, la fractura *a b*, representada en el croquis, tiene un echado al W. y parece marcar el *contacto entre las formaciones eruptivas terciarias y las cretácicas sedimentarias*. Siguiendo el curso del río hacia abajo, y sobre el camino que conduce de Patlanalá a Barranca Grande, se descubren en el flanco izquierdo las calizas cretácicas que contienen numerosos fósiles y coronadas por corrientes eruptivas. Desde Barranca Grande, el camino que conduce a Cosautlán, Ver., se separa del curso del río Huitzilapa, corta sus afluentes, cuyas direcciones casi paralelas son de W. a E.; éstos nacen entre los contrafuertes orientales del Cofre de Perote. De Barranca Grande a Cosautlán el terreno es accidentado, ocupado por tobas volcánicas y en los arroyos se descubren las corrientes de basalto, derrames del mismo cono volcánico que mencionamos.

Ya que dimos a conocer el corte longitudinal del río Huitzilapa de su nacimiento a Barranca Grande y el corte transversal hecho en Patlanalá, que probablemente define la zona de contacto de las rocas eruptivas terciarias con las sedimentarias de la vertiente del Golfo de México, retrocedamos un poco hacia el W. para presentar un corte transversal al curso del Huitzilapa, entre Chilchotla y el Puente de Quimixtlán (Lám. II-B, Fot. 3.)

Entre Chilchotla y Quimixtlán y sobre la margen izquierda del Huitzilapa, se localiza Chichicahuas, barrio de Chilchotla. Al Norte de este sitio estaba la ranchería de Chicalotla, que fué totalmente destruída por un alud de lodo que siguió al terremoto del 3 de enero. El flanco derecho del cañón o sea el del Sur, es más abrupto y escarpado que el izquierdo o del Norte; en el primero, se asienta el pueblo de Quimixtlán, antiguo centro comercial de importancia, destruído por el terremoto y guarida de bandidos cuando visitamos la región. Por esta última causa no pudimos prolongar nuestro corte transversal hacia el Sur, aunque, como se verá después, la visita a Quimixtlán no era del todo indispensable.

Por el examen del croquis se verá que los basaltos forman el lecho y paredes del cañón del Huitzilapa y soportan las andesitas que fueron el producto de un derrame grueso de lava. Las andesitas se apoyan hacia el Norte

en una roca intrusiva, granitoide, de color muy obscuro por la abundancia de los elementos ferro-magnesianos, muy cristalina y que no contiene cuarzo libre. Contiene feldespato, ortoclasa y cristales muy desarrollados de hornblenda que se dispone en forma radial. Parece ser una *syenita* (clasificación de campo). Las andesitas han sufrido una erosión profunda y han dejado al descubierto la roca intrusiva subyasente.

Desde la angosta y alargada mesa de Xaltepec puede apreciarse la forma en V de la barranca de Atlipixtla, que se orienta de W. a E.

El flanco N. de la barranca, que en este lugar se llama Ocoxochocan, forma parte del macizo syenítico que antes cubrieron las lavas andesíticas; este flanco ofrece una pendiente cercana a la vertical. Las "cicatrices" producidas por el terremoto del 3 de enero de 1920, son profundas en esta roca compacta y cristalina, son visibles en una extensión como de 10 kilómetros desde la meseta de Xaltepec. Los derrumbes a que han dado lugar esas cicatrices son muy considerables y comparados con los que hemos examinado en esta región, desde Calixitla, Pue., hasta Barranca Grande, Ver., son los mayores. Actualmente es inaccesible el flanco N. de la Barranca de Atlipixtla o de Ocoxochocan, que al Oriente se conoce con el nombre de Ocoxochitl, al tributar su caudal de aguas temporales cerca de Patlanalá. El relieve de Ocoxochocan, la naturaleza distinta y la edad de las rocas puestas en contacto, el paralelismo que guardan con el thalweg principal de la red hidrográfica y el hecho de observarse en ese sitio los efectos máximos del terremoto sobre el terreno, son circunstancias que nos obligan a asegurar la existencia de una falla en Ocoxochocan, que propiamente será *el segmento de una falla periférica con relación al macizo volcánico que forma el Cofre de Perote.*

Por creerlo de utilidad y oportuno, diremos que el señor ingeniero don Ezequiel Ordóñez, clasifica las rocas intrusivas en que descansa la superestructura volcánica del Cofre de Perote como granitos, monzonitas y gabbros.

Si el corte transversal que presentamos en la figura 2 de la Lám. II-B, corresponde a un punto de la zona de contacto de las rocas eruptivas con las sedimentarias, el último tiene la ventaja de haber alcanzado al N. el afloramiento del zócalo de rocas cristalinas en que descansan las corrientes andesíticas, cortando transversalmente la falla de Ocoxochocan, en donde la intensidad sísmica del 3 de enero fué máxima. Estamos en condiciones de asegurar que la falla de Ocoxochocan ocupa el centro de gravedad de la área pleistosística, tanto por las observaciones hechas en el campo como por los datos sismográficos que dimos a conocer en la segunda parte de esta memoria. Desde este momento debemos conceder a la falla citada un papel sismogénico.

CAPITULO IV

Efectos del temblor en los lugares habitados

Siguiendo en mi descripción el orden del itinerario, principiaré por San Andrés Chalchicomula, para terminar por Patlanalá. Agregaré después una que otra observación hecha durante un segundo viaje en que tuve el honor de acompañar al distinguido profesor de geofísica de Roma, señor don Emilio Oddone y al señor director del Instituto Geológico de México, ingeniero don Leopoldo Salazar Salinas; este segundo viaje tuvo de duración nueve días, y el recorrido fué de Jalapa, Veracruz, a San Andrés Chalchicomula, Puebla.

1.—SAN ANDRES CHALCHICOMULA, PUE.

Altura sobre el nivel del mar, 2,629 metros. *Población,* 10,000 habitantes.

Topografía.—La población de San Andrés se encuentra en las últimas estribaciones occidentales del Pico de Orizaba y de la Sierra Negra, en terreno casi horizontal con excepción de la parte oriental de la ciudad, que

es ligeramente accidentado, en el barrio de Cosamaloapan. (Lám. VII-B, Fot. 1.)

Subsuelo.—Arenas volcánicas, tobas basálticas de algún espesor y depósitos eólicos. Las tobas alcanzan en la parte baja del Valle de San Andrés un espesor de 110 metros y descansan sobre el basalto. El subsuelo es poco elástico, deleznable y poco coherente.

Construcciones.—De mampostería de piedra y la mayoría de adobe; antiguas, del tiempo colonial, de un solo piso casi todas. La ciudad cuenta con 8 ó 9 iglesias.

Desperfectos en los edificios.—Fueron de alguna importancia en los templos, se produjeron cuarteaduras en las claves de las bóvedas y en las torres; muchas cuarteaduras en las casas de habitación. No hubo heridos ni pérdidas de vidas a causa de los derrumbes.

La iglesia de Guadalupe, cuya fachada ve al W. presenta una ligera cuarteadura que parte de la clave de la puerta. La torre Sur tuvo cuarteaduras en sus costados N. y S., siguiendo las líneas cruzadas en la clave del segundo cuerpo y la cornisa. La torre del N. presenta la cruz desplomada al E. Las cuarteaduras de la bóveda estaban ya reparadas cuando visité la iglesia; y debo hacer notar, para no repetirlo en lo que sigue, que muchos detalles importantes acerca del efecto del terremoto en los edificios no los pude observar porque se habían emprendido ya las reparaciones o se habían removido de su posición primitiva los escombros y objetos caídos. La iglesia de Guadalupe está cimentada en un cono de deyección de las montañas cercanas al Oriente de la ciudad. (Lám. VII-B, Fot. 2.)

La iglesia de Cosamaloapan, alejada al E. de la ciudad, se asienta sobre tobas, cenizas y arenas volcánicas en una pequeña meseta cortada al N. y al S. por arroyos profundos que descienden al W. del cerro de los Filtros. La fachada ve al W. La cruz central está desviada al SE.; una cuarteadura separa el cuerpo de la torre de la fachada y termina en los cimientos. La cimentación se hizo en terreno incoherente y la construcción se movió durante el temblor como la masa de un péndulo invertido en esa meseta aislada. (Lám. VIII-B, Fot. 1.)

La iglesia de Dolores, cerca del cementerio, demuestra por sus pequeñas cuarteaduras y el desplome de sus cruces, que el movimiento más intenso fué de E. a W. La caída de algunos monumentos en el cementerio no dejaron pruebas claras de la dirección del movimiento; los monumentos son de poca altura y los desperfectos no fueron de importancia.

Un portal del costado S. de la plaza principal fué desplomado y arruinado, cayendo al N.

Carácter del movimiento.—La alarma que produjo fué general. Los habitantes de la ciudad dan detalles acerca de sus impresiones, pero no arrojan luz sobre el verdadero carácter del temblor, están casi de acuerdo en darle una dirección EW., lo que está de conformidad con las observaciones hechas en los edificios. Al proponernos resolver si esta dirección corresponde al primer impulso (onda longitudinal) o a la más impetuosa de las ondas superficiales, nos inclinamos a creer lo segundo; y tendremos oportunidad de fundar nuestro aserto en el capítulo VI.

La duración del movimiento fué sensible para las personas durante 20 segundos. Por lo anterior juzgamos que a esta localidad le corresponde el grado VIII en las escalas de Cancani y de Mercalli, y que equivale al grado IX de la de Rossi-Forel. En otros términos, para San Andrés el movimiento sísmico alcanzó el límite superior de los macrosismos, sin llegar a ser un megasismo. La aceleración que correspondió a la onda máxima, pudo variar entre 250 y 500 milímetros por segundo cuadrado.

En lo sucesivo emplearemos la escala de Cancani, por ser absoluta y perfectamente relacionada con las convencionales de otros autores. Tenemos necesidad de recurrir a una escala absoluta para que esto nos permita calcular la energía del terremoto como lo haremos en lo que sigue.

Los lugares situados en el camino para Saltillo Lafragua: Tlachichuca, Quetzalapan y la Capilla, poco sufrieron con el movimiento: cuarteaduras de poca importancia en las casas de un piso y de antigua construcción. En la hacienda de Huecapa, la construcción sufrió un poco más. Puede asignarse a estos lugares el grado VI de la escala de Cancani.

2.—SALTILLO LAFRAGUA, PUE.

Altura sobre el nivel del mar, 2,775 metros. *Población,* 2,000 habitantes.

Topografía.—El pueblo actual tuvo por origen una pastoría que fué fundada hace 40 años al Oriente del lugar que hoy ocupa, que es una cañada orientada de E. a W., que desciende del espolón montañoso y se desprende del Pico de Orizaba hacia el Norte. Esta cañada desciende hasta Huecapa, futuro asiento del pueblo de Saltillo, pues en vista de la ruina que guarda han decidido sus laboriosos vecinos edificar sus moradas en la llanura, en donde el pueblo se levantará sobre un suelo compacto, coherente; haciendo uso de construcciones asísmicas, según los proyectos presentados por la comisión de ingenieros de Puebla, y se acercará a las vías de comunicación. (Lám. VIII-B, Fot. 2.)

Subsuelo.—Tobas volcánicas, arcillosas, poco elásticas para trasmitir el choque sísmico y con la pendiente propia de los terrenos que cubren las laderas.

Construcciones.—La calle principal que se orienta de E. a W. contaba con edificios de mampostería de piedra (buena construcción). La mayoría está formada de casas de "tapia" o de adobe, cercanas a la ladera pendiente del cerro de Enmedio; del lado opuesto la topografía del poblado es la misma. Al Oriente existe el barrio pobre de la población con sus modestas casas de madera, "jacales," y fué el que menos sufrió.

Ruinas de los edificios.—Las casas arruinadas del centro se mantienen en pie, presentando sus fachadas el engañoso aspecto de haber sufrido poco, pero sus interiores están en completa ruina, quedaron inutilizadas. El corte de la figura 4, Lám. II-B., da una idea de la topografía de Saltillo Lafragua, de la distribución de sus construcciones y de los desperfectos que sufrieron. Las casas de la línea fueron destruídas, el material cayó al Norte. El cuerpo 2, caído al Norte y al Sur. Los 3 y 4 con desplomes al Norte. El bloque de casas número 5, bastante bien conservado, dada la intensidad del terremoto, aunque con cuarteaduras peligrosas. Número 6, con desplomes y derrumbes de las partes altas hacia el Sur, y convertidas en ruinas del lado Norte, es decir, del lado del arroyo, cuyos bordes sufrieron agrietamientos y despedazamientos de las tobas y aun de las rocas de basalto. (Fotografía 1. Lám. IX-B.)

Las modestas habitaciones del grupo 7, corrieron la misma suerte que las del 1. Estos hechos son instructivos y los habíamos observado con motivo del terremoto de Acambay: primero, la topografía local, facilitando el desplazamiento en los terrenos blandos y el subsuelo poco elástico, contribuyeron a aumentar la magnitud de la catástrofe; segundo, las construcciones en retaje o en escalera están en condiciones de resistir favorablemente un terremoto; y tercero, las construcciones en las cercanías de los arroyos son arruinadas. La casa del señor Perfecto Rojí, (Lám. IX-B, Fot. 2) pertenecía al grupo 6. La esquina SW. de la casa fué destruída, la fachada muy desplomada al Sur y hacia el mismo rumbo, cayeron la cornisa y el viento de la fachada. (Lám. X-B, Fots. 1 y 2). La parte posterior y el interior se convirtieron en ruinas y allí encontraron la muerte siete personas.

Se observaron desplomes en que los techos cayeron dentro de las habitaciones y los muros fueron derruídos en la parte más alta, como si los muros se hubiesen separado durante el movimiento oscilando con distintos períodos.

La iglesia de Saltillo quedó destruída, la fachada y frente del atrio

miran al W. y cayeron parcialmente en esta dirección. La bóveda de ladrillo cayó en su totalidad; la torre de nueva y magnífica mampostería de piedra, cayó al NW. (Lám. XI-B, Fots. 1 y 2). El acueducto tiene un rumbo medio de EW., construído de mampostería de piedra en casi toda su longitud, sufrió fracturas en distintos lugares.

Antes del terremoto existían 375 casas, habitadas por 400 familias; después del desastre quedaron habitables 51 casas, de las cuales 4 son de mampostería, 19 son de "tapia" o de adobe (arcilla comprimida dentro de moldes de madera) y 28 "jacales" de madera. Estos últimos se conservaron bastante bien. (Lám. XII-B, Fot. 1). El número de heridos fué de 80 y muertos, también de 80. Las pérdidas materiales se estiman en 420,000 pesos, de los cuales 328,000 corresponden a las construcciones y 38,000 a muebles y mercancías.

Carácter del movimiento.—La dirección fué claramente de Norte a Sur. La duración muy corta (no encontré personas que fijaran la duración sensible). La intensidad puede estimarse dentro del grado X de la escala de Cancani, a que corresponde una aceleración de 1,000 a 2,500 milímetros por segundo cuadrado, es decir, la que produce la ruina casi total de los edificios, grietas en el suelo, pequeños deslizamientos en las pendientes, víctimas numerosas y ruidos subterráneos acompañando al terremoto.

3.—RANCHERIA DE AGUA DE LA MINA

Altura sobre el nivel del mar, 2,960 metros. *Población,* 200 habitantes.

Topografía.—Vertiente W. del Cerro de Toluca, que a 3 km. al E. de Agua de la Mina se eleva a 3,070 metros, este poblado de indígenas ocupa la parte alta del lomerío que desciende a Saltillo.

Subsuelo.—Tobas volcánicas arcillosas y poco coherentes.

Construcciones.—Existían una capilla y dos casas de mampostería; además, 58 jacales de madera.

Destrucciones.—Estas se limitaron a las construcciones de mampostería. Solamente hubo un herido por el derrumbe de un muro.

Carácter del movimiento.—La dirección del choque destructor fué de E. a W.; precedido de fuertes ruidos subterráneos; su duración de 5 seg. y los testigos presenciales dicen que sintieron varias sacudidas violentas de abajo hacia arriba; no es posible asignar los límites de la aceleración en este lugar, porque las destrucciones no nos proporcionaron datos, pero por lo que se ha dicho y aun sin conocer la zona pleistoséistica, podemos afirmar que esta ranchería está muy próxima al foco del choque más violento. Le asignaremos el grado IX de la escala de Cancani, en el que la aceleración varía de 500 a 1,000 milímetros por segundo cuadrado.

En el mismo caso de formas de construcción, escasa población y carácter del movimiento, se encontraron las rancherías de Texcalango, Acocomotla y Calixitla. Esas pertenecen a la vertiente oriental del macizo orográfico que ya describimos. La dirección del movimiento en Calixitla fué de E. a W.

4.—CHILCHOTLA, PUE.

Altura sobre el nivel del mar, 2,170 metros. *Población,* 2,163 habitatnes.

Topografía.—Un valle erosivo de 180 a 200 hectaras de extensión, ligeramente inclinado al SE., ocupado por tierras fértiles, circundado por los afluentes del Huitzilapa. Las montañas que forman el valle son escarpadas y se disponen en anfiteatro, alcanzando una altura media de 250 metros sobre Chilchotla; las más altas son El Campamento o Cerro de Cacama y El Infiernillo, situadas al E. de Chilchotla; y entre los cuales se forma el cañón de Huitzilapa. (Lám. 12-B, Fot. 2.)

Subsuelo.—Tobas volcánicas con un espesor de 10 metros descansando sobre el basalto columnar.

Construcciones.—Una iglesia con muros de mampostería y techo de madera. Algunas casas de madera y muy pocas de mampostería, bajas y con techos ligeros.

Ruinas.—Excepción hecha de los jacales de madera, las construcciones sufrieron demasiado: la iglesia fué destruída, la fachada ve al W. y sufrió un fracturamiento completo. El segundo cuerpo de la torre cayó al NE. (Lám. XIII-B, Fot. 2). Los muros N. y S. en que se apoya el techo tienen una altura de 8 metros y un espesor de 90 centímetros, están desplomados y fracturados horizontalmente en el tercio superior de su altura. Los muros de la sacristía fueron fracturados, desplomados y parcialmente caídos al N. y al E. (Lám. XIV-B, Fot. 2). Las bardas N. y S. del atrio cayeron casi en su totalidad al N. y la del frente al E. (Lám. XIV-B, Fot. 1). Una de las calles orientada de N. a S. presentaba el aspecto de un hacinamiento de ruinas, (Lám. XV-B, Fot. 1). Algunos jacales fueron deshechos por fuertes sacudidas horizontales. El desastre alcanzó aquí su máximo de intensidad, afortunadamente predominaba el número de habitaciones de madera, existían más de 200 casas y quedaron habitables 110. El puente de mampostería sobre el río Huitzilapa, al W. de Chilchotla, no sufrió nada, el eje de las claves tiene el rumbo NW. 70° SE., es decir, casi NS. (Lám. XV-B, Fot. 2.)

Incluyendo el casco de la población, los barrios y las congregaciones de Chilchotla, se contaron 800 personas muertas. La mayoría de las desgracias personales fueron ocasionadas por los derrumbes en los flancos de las montañas y las avalanchas de lodo, bajo las cuales desaparecieron algunos barrios como los de El Calvario y Guadalupe al W. de Chilchotla, y el de Chicalotla, un poco alejado al E. y en las abruptas paredes septentrionales del Cañón de Huitzilapa. Fueron de consecuencias más desastrosas para la vida de los habitantes los efectos geológicos y los cambios operados en el relieve, que la destrucción propia de sus moradas.

Carácter del movimiento.—El fenómeno fué mal descrito por los supervivientes; sin embargo, la dirección de los desplomes y derrumbes en la iglesia y algunas otras construcciones, así como la conservación del puente de Chilchotla, hacen presumir que el choque destructor provino de una dirección cercana al N. NE., y en tal concepto, la onda destructora fué *longitudinal de compresión,* puesto que hemos asignado un papel sismogénico a las fallas periféricas de la margen izquierda del Huitzilapa, y en particular a la *falla de Ocoxochocan.* Asimismo, en virtud de haber sido observada la influencia de la longitudinal de compresión en las destrucciones de Chilchotla, podemos afirmar que el hipocentro del terremoto fué poco profundo, casi superficial, carácter que después confirmaremos en el capítulo VI.

Los supervivientes afirman que existieron durante el movimiento breves y violentas sacudidas susultorias. La duración fué muy corta. El fenómeno fué precedido y acompañado de ruidos subterráneos. La intensidad puede estimarse dentro del grado XI de la escala absoluta de Cancani, siendo los límites de la aceleración de 2,500 a 5,000 milímetros por segundo cuadrado.

En el camino entre Chilchotla y Patlanalá, las rancherías de Ahuaxtla, Netquexca y Tototzinque, sufrieron los derrumbes de las montañas o la invasión de la corriente de lodo, según sus posiciones dentro de la gran barranca de Huitzilapa.

Quimixtlán debe haber sufrido los mismos desperfectos observados en Chilchotla a juzgar por su situación dentro del cañón del Huitzilapa, sobre una meseta bastante alta y a 3 km. al S. de la falla de Ocoxochocan, aumentadas un tanto las destrucciones por ser numerosas las casas edificadas con mampostería de piedra.

5.—PATLANALA, PUE.

Altura sobre el nivel del mar, 1,610 metros. *Población,* 1,500 habitantes, inclusive las rancherías, congregaciones y barrios de Patlanalá, que pertenecen al Municipio de Quimixtlán.

Topografía.—Valle erosivo en la margen N. del Huitzilapa, cuyo lecho está muy bajo con respecto al poblado, este valle es menos extenso que el de Chilchotla. (Lám. XVI-B, Fot. 1.)

Subsuelo.—Andesita.

Construcciones.—Una iglesia, una casa municipal, algunas casas de mampostería y de adobe, en el centro de la población, y el resto, casas de madera.

Ruinas.—La iglesia quedó destruída, la fachada que miraba al W. cayó en esa dirección; el ciprés cayó al E., los muros laterales están desplomados al N. y al S., amenazaban caer de un momento a otro. El curato, cuyas dependencias se apoyaban en el muro S. de la iglesia, fué totalmente destruído. (Lám. XVI-B, Fot. 2). La barda N. del atrio fué derribada totalmente al S. y la del W. hacia el E. Una caseta de madera que se encontraba al N. del atrio, construcción ligera, cuyas armaduras se orientan de N. a S., fué desviada notablemente al W. en conjunto; safándose las espigas de los pies derechos de las cajas de las soleras sobre las que descansaba la caseta. (Lám. XXI-B, Fot. 1). Este sismoscopio ocasional acusa un movimiento impetuoso del suelo hacia el E. La casa municipal, cuya fachada daba al E. fué derribada en esa dirección, desplomándose el muro N. hacia afuera. Los muros divisorios libres de carga fueron destruídos. (Lám. XVII-B, Fot. 1). La casa comercial "El Progreso," al W. del templo, presenta la conservación de los muros cargados, que son los del E. y del W., aunque completamente fracturados; los no cargados, destruídos en el tercio superior de su altura por fracturas horizontales. (Lám. XVII-B, Fot. 2). Una pequeña construcción de mampostería de piedra, baja y con techo poco pesado de madera, acusó la existencia de una o varias sacudidas susultorias que produjeron el desmoronamiento de los muros, cayendo el techo en su conjunto al W. del lugar que ocupaba. (Lám. XVIII-B, Fot. 1.)

El casco de la población estaba ocupado por 500 habitantes, de los cuales murieron 40. En las rancherías de Aguacapa, Teapa, Tepectipa, Analco y Tecpatzin, murieron, respectivamente: 90, 100, 10, 14 y 5 personas. De manera es que en una comarca que contaba con 1,500 pobladores murieron 259. Aguacapa quedó reducida a la mitad de su población. En Teapa, de 107 personas, sobrevivieron 7.

Como en Chilchotla, las desgracias personales se debieron en su mayor parte a los derrumbes en las montañas y a la inundación de lodo del Huitzilapa y de sus afluentes en las cercanías de Patlanalá.

Carácter del movimiento.—Es muy confusa la descripción del fenómeno hecha por los vecinos. Parece lo más probable que hubo una sacudida de N. a S. seguida de otra más violenta de E. a W. y después varias sacudidas susultorias. Las destrucciones se debieron esencialmente a una onda longitudinal de compresión que no podemos asegurar si fué la primera que emergió del hipocentro.

El terremoto fué acompañado de fuertes ruidos subterráneos. La duración no fué mayor de 4 seg., según el decir de los testigos. La intensidad puede clasificarse dentro del grado XI de la escala absoluta de Cancani.

En los poblados de Tocigüi y Huaxcaleca, al E. de Patlanalá, los desastres producidos por el terremoto fueron considerables y las pérdidas de vida fueron ocasionadas por los derrumbes en las montañas. Tocigüi contaba con 740 habitantes, murieron 21 y hubo 9 lesionados; en Huaxcaleca vivían 1,000 personas y murieron 12.

6.—AYAHUALULCO, VER.

Consignaré aquí algunos datos referentes a este pueblo, por creerlos de interés, advirtiendo, desde luego, que no visité Ayahualulco, que esta información que merece crédito, se la debo al señor ingeniero F. López, a quien conocí en Cosautlán, y que venía de Ayahualulco. La fotografía rela-

tiva. (Lám. XVIII-B, Fot. 2), la debo a la bondad del señor don Carlos Zahn, de San Andrés Chalchicomula, y representa la calle principal de Ayahualulco.

La iglesia tiene su fachada al W., fué fracturada y desplomada; el ciprés cayó al W. y el muro posterior al E. El sagrario, construído a espaldas de la iglesia, tuvo derrumbes al E. Las torres sufrieron desperfectos considerables en las claves de los costados N. y S. y se desplomaron. Fueron derribadas 20 casas de mampostería de piedra. La dirección de la onda destructora parece haber sido cercana de EW. La duración del movimiento nos es desconocida. La intensidad puede estimarse dentro del grado X de la escala de Cancani, dado el aspecto general de la calle principal.

7.—CAMUXAPA, VER.

Este pequeño rancho está al N. del Río Huitzilapa, a 1,410 metros sobre el nivel del mar, en la cuesta del mismo nombre y en el camino de Patlanalá a Barranca Grande. No pude adquirir informaciones en este lugar de tránsito; pero la inspección de una casa semidestruída proporcionó algunos datos: los muros cayeron al SE. Un techo que apoyaba libremente sobre una columna baja de mampostería, se deslizó hacia el S. 60° E., lo que demuestra que el coronamiento de la columna fué desalojado al N. 60° W. y por eso el movimiento más enérgico del suelo fué al NW., puesto que la altura de la columna, 1.80 M., hace pensar que fué transportada paralelamente a su posición primitiva sin oscilar sobre su base.

8.—BARRANCA GRANDE, VER.

El poblado de este nombre fué arrasado por la inundación de lodo que siguió al terremoto. Ocupaba un ensanchamiento del cauce del Huitzilapa, esto es, uno de los pequeños valles erosivos que ya describimos, a 1,035 M. sobre el nivel del mar.

Al ampliarse la sección del canal en que se movía la gigantesca masa de lodo que ocupaba el Cañón del Huitzilapa, bajó la altura de la corriente y disminuyó su velocidad, pero no en tal medida que se conjurara la catástrofe: el pueblo fué arrancado de su asiento y sepultado por el lodo. El río fijó posteriormente su cauce al Sur de su antiguo canal. En el cauce actual se pueden ver las lozas y ladrillos que formaban los pavimentos de las habitaciones destruídas. En este lugar, aguas abajo de la confluencia del arroyo de Ixhuacán, se recogieron 600 cadáveres; es de creerse que no todos estos eran de vecinos de Barranca Grande, sino que muchos fueron traídos por la gran corriente del Huitzilapa y de sus afluentes de muy distintos lugares y que al disminuir la velocidad por el aumento de la sección transversal, fueron depositados. Solamente se salvó la parte alta de la población, que está construída al Norte, sobre la margen izquierda del río y 40 metros sobre el cauce actual. Por el estado de las construcciones puede asegurarse que la intensidad del terremoto, en sí mismo, no pudo haber causado el desastre tan lamentable para este poblado; éste se debió a la inundación de lodo. La dirección y duración del movimiento no nos son desconocidas. Puede dárseles la intensidad que corresponde al grado X de la escala de Cancani.

CUADRO GENERAL DEL CARACTER DEL TERREMOTO

Localidad	Dirección	Intensidad	Duración	OBSERVACIONES
San Andrés Chalchicomula	E. W.	VIII	20 seg.	Cuarteaduras.
Huecapa	.....	VI	.....	Cuarteaduras.
Saltillo Lafragua	N. S	X	Muy corta.	Ruinas, muertos, heridos y ruidos subterráneos.
Agua de la Mina	E. W.	IX	5 seg.	Ruinas, precedido de ruidos subterráneos.
Calixitla	E. W.	IX–X	.....	Derrumbes en las montañas.
Chilchotla	N. NE. – S. S. W.	XI	Muy corta.	Ruinas, derrumbes en las montañas, aparición de manantiales, muertos y heridos, ruidos subterráneos.
Patlanalá	E. W.	XI	Muy corta.	Ruinas, derrumbes en las montañas, inundación de lodo, ruidos subterráneos, muertos y heridos.
Ayahualulco, E. de Ver.	E. W.	X	.....	Ruinas.
Camuxapa, Ver.	N. 60 W.	X–XI	.....	Ruinas.
Barranca Grande	.....	X	.....	Inundación de lodo y destrucción parcial de la parte alta.

CAPITULO V

Efectos del temblor sobre el terreno

La circunstancia de ser poco poblada la comarca más conmovida, la superficie relativamente pequeña que alcanza la isoseista X; y la costumbre de los pobladores de construir sus habitaciones de madera, contribuyeron a que los efectos del terremoto sobre los poblados no hayan alcanzado la magnitud que era de esperarse, dada la energía cinética desarrollada por el terremoto. Los efectos en el terreno son los mejores testigos de la violencia del sacudimiento, fueron considerables y superan en mucho a los del mismo carácter observados en ocasión del terremoto de Acambay, Estado de México en 1912. El relieve contrastado de la región pleistoséistica del 3 de enero de 1920 basta por sí mismo para aumentar los efectos geológicos del terremoto; ya se ha visto que en países semejantes no es necesaria la presentación de un movimiento sísmico para que se produzcan las denudaciones de los flancos de las montañas, es suficiente a veces una precipitación pluvial intensa para producir el fenómeno.

Los efectos geológicos ocurridos los clasificaremos en cinco grupos: grietas, derrumbes en las montañas, alumbramientos de aguas subterráneas, inundación de lodo en los thalwegs y hundimientos locales posteriores al terremoto.

1.—GRIETAS

Se produjeron de preferencia en las fuertes pendientes, siguiendo la dirección de una cresta o arista montañosa o las márgenes de un arroyo. No fueron numerosas, sino en la zona entre Patlanalá y Barranca Grande, sea porque muchas de ellas abiertas en terreno blando (tobas y coraza vegetal) hayan

cedido y desaparecido proporcionando desde luego el material que se deslizó al fondo de los arroyos, sea porque fueron cubiertas con la inundación de lodo. Las grietas más notables fueron: la del cerro de "Enmedio" al S. de Saltillo Lafragua. (Lám. XIX-B, Fot. 1.) Su rumbo medio es de EW. su abertura variable entre 8 y 30 centímetros, el desnivel de sus bordes 30 centímetros, ocupa la parte alta del cerro y no se prolonga más de 300 metros.

En el cerro del Campamento o de Cacama, al NE. de Chilchotla, en la mesa que corona el cerro, se produjo otra grieta de los mismos caracteres que la descrita en primer lugar. Otras grietas paralelas a la principal ocasionaron derrumbes en los flancos del cerro de Cacama, que determinaron una disminución considerable en la anchura de la meseta.

En el camino de Patlanalá a Camuxapa, se observaron agrietamientos semejantes, así como en el Espinazo del Diablo y en La Vigía.

Las grietas no se manifestaron en los valles, sino en la parte alta de las montañas. La constancia de su rumbo (EW.) obedece a condiciones topográficas locales, pero no acusa un accidente tectónico que se haya revelado en la superficie, es decir, se trata de simples agrietamientos y no de dislocaciones sismo-tectónicas.

2.—DESLIZAMIENTOS Y DERRUMBES DE LAS MONTAÑAS

Estos fueron los efectos más notables del terremoto, formaron su característica y seguramente en este sentido sea el primero que registra la historia sísmica de México. Esto nos induce a compararlo a este respecto, con el temblor de Assam, ocurrido el 12 de junio de 1897.

Se produjeron los derrumbes siguiendo el curso del río Huitzilapa, en una región que tiene por límite occidental el W. de Chilchotla y por límite oriental Acantiopa al NE. de Patlanalá, es decir, dentro del territorio político del Estado de Puebla. En su gran mayoría se presentaron en la margen izquierda del Huitzilapa y en los arroyos afluentes que recibe el río por su izquierda. La región de los derrumbes quedó comprendida principalmente dentro de la isoseista XI (Lám. I-B). El material que constituyó los derrumbes fué proporcionado por el despedazamiento del borde o labio inferior de las grietas producidas en los flancos de las montañas y el deslizamiento fué favorecido por la topografía particular de la sierra. No es tarea fácil cubicar el terreno que deslizó y ocupó las depresiones y los thalwegs, es un tonelaje muy considerable; y no hay montaña entre Chilchotla y Patlanalá que no presente las huellas o cicatrices de los deslizamientos.

Con la coraza vegetal que arrastró consigo la vegetación boscosa, fueron deslizadas las rocas que afloraban en las crestas. Estas rocas, conmovidas y fracturadas por el movimiento, se encontraron sin base de sustentación y cayeron a los valles en grandes bloques, como en el Cerro Colorado de Patlanalá. (Lám. VI-B, Fots. 1 y 2) y en Acantiopa, al NE. de Patlanalá.

El derrumbe de Acantiopa es uno de los más considerables y se caracteriza por el gran tamaño de los bloques rocallosos, diseminados en el lodo seco. (Algunos de esos bloques tenían un volumen de 7 metros cúbicos.)

En Ahuautla, al pie del cerro de Acatonal, al N. de Quimixtlán, y sobre la margen izquierda de Huitzilapa, se presentó un deslizamiento de mayores proporciones que el de Acantiopa, los materiales pétreos estaban muy triturados y reducidos a pequeños fragmentos y englobados por el lodo arcilloso endurecido. Hagamos notar que las rocas fragmentadas no eran frescas sino bastante alteradas por el intemperismo, lo que prueba su origen superficial. El trituramiento del material rocalloso se explica por el proceso más fácil: fracturamiento ocasionado por las oscilaciones del suelo que obraban sobre las montañas como sobre edificios aislados y de grande altura, caída de los fragmentos sometidos a fuertes choques de unos contra otros hasta llegar al lugar de su depósito, en donde aún se mueven, de tiempo en

tiempo, hasta definir su ángulo de equilibrio estable. Este fenómeno ocasionaba polvaredas que se levantaban en columnas cuando la atmósfera estaba quieta y que hicieron creer a los habitantes en erupciones y desprendimientos de gases.

No hay que suponer que todo el material triturado sea resultado del trabajo mecánico desarrollado por una falla en acción, aunque sí es de admitirse que la zona fallada abarca una extensión considerable; habiéndose facilitado la trituración de las rocas por la alteración que los agentes atmosféricos han producido sobre ellas.

En el cerro de Teteltitla, al N. de Ocotepec, la inundación de lodo rellenó el valle preexistente, gracias al terreno deslizado al S., quedando en lugar de la antigua depresión un montículo de lodo. Siguiendo nuestro camino al N. llegamos a la meseta de Xaltepec, desde donde se observan en una extensión como de 10 km. de E. a W. las cicatrices en el plano de la falla de Ocoxochocan, que son las que produjeron la denudación más considerable que puede observarse en toda la región pleistoséistica; aquí, además de la corteza vegetal, el esqueleto syenítico del macizo montañoso fué fracturado por el terremoto y el material despedazado fué precipitado a la barranca de Atlipixtla, que al W. se conoce con el nombre de Xelihua y al E. con el de Ocoxochitl. (Lám. XXI-B, Fot. 2.)

Debemos hacer notar que los derrumbes y deslizamientos ocurridos dentro de la isoseista XI coinciden más o menos con el eje mayor de esta curva y se presentaron en lo sflancos meridionales de las montañas, de preferencia a los flancos septentrionales, es decir, los flancos meridionales fueron considerablemente más denudados que los del N.; y sobre la margen derecha del Huitzilapa, del lado de Quimixtlán, apenas se presentaron; esto es lo que se indica en las flechas en la Fig. 3 de la Lám. II—B.

En Calixitla el derrumbe de la parte cortical del cerro de la Fundición (Lámina. XIX, B—2) descubrió las rocas basálticas y provocó el alumbramiento del agua subterránea que circulaba en sus diaclasas. Esta última se observó con suma frecuencia en toda la área que circunscribe la isoseista XI. A la denudación de las laderas siguió el alumbramiento inmediato de manantiales temporales, pero de gasto extraordinario, aun para agotar el contenido de muchos de los receptáculos acuíferos subterráneos. No hay necesidad de recurrir a la hipótesis de una eyección de agua subterránea en cada sitio para explicarse la presencia de lodo en las laderas de las montañas, pues si por *eyección* se entiende la salida del agua subterránea bajo presión, producida por esfuerzos interiores desarrollados en un espacio limitado por paredes impermeables (sinónimo de eyaculación) no puede comprobarse el aserto; y mucho menos generalizar este hecho en una extensión de 70 km. cuadrados, si existieron eyecciones de agua subterránea, es decir, si ésta fué expulsada bajo presión interna, fueron casos aislados locales y no hay manera de señalar en dónde existió una verdadera eyección. El hecho fué que los receptáculos acuíferos, abundantes en las diaclasas de las rocas terciarias de la región (andesitas y basaltos) fueron descubiertos por el terremoto, el agua se precipitó hacia afuera, sin necesidad de suponerle presión hidrostática generada por el trabajo mecánico del terremoto; el agua se mezcló con el material rocalloso desalojado y formó enormes masas de lodo, cuya viscosidad permitió que la mezcla alcanzara la velocidad suficiente para llegar a los arroyos afluentes y al thalweg general del Huitzilapa, sepultando y arrastrando a su paso las habitaciones y los sembrados. (Lám. XIX, B—3). En algunos sitios el trabajo mecánico realizado por las masas de lodo desprendidas en alud hasta alcanzar las partes más bajas, ha dejado huellas especiales que dan al lugar en donde se ha verificado el depósito de la masa lodosa la falsa apariencia de un cráter: las tobas arcillosas, mezcladas con el agua bruscamente puesta en libertad, descubrían en su caída el esqueleto rocalloso de la montaña; y al pie de ésta

quedaba una denudación semicircular que imitaba los restos de las paredes de una chimenea volcánica, el lodo excavaba en virtud de su fuerza viva una extensión de algunos metros cuadrados y se levantaba hacia adelante, por su propia viscosidad, en forma de ola, produciendo un reborde alto y semicircular que al secarse y endurecerse, completaba con la denudación del pie de la montaña la ilusión de un cráter en el espacio que circunscribía. (Lám. XX—B.)

Si no pudimos comprobar las eyecciones de agua subterráneas, menos podemos asegurar si existieron eyecciones de arena en grande escala, pues sólo en el valle de Patlanalá vimos pequeñas grietas, al N. de la laguna, por las que brotó una pequeña cantidad de fina arena. Tampoco tuvimos oportunidad de observar los cratercillos de arena que se citan en las obras clásicas, advirtiendo que éstos últimos han sido observados en los valles y no en las regiones montañosas como la que nos ocupa.

3.—MANANTIALES.

Por lo que se ha dicho puede verse que el régimen de circulación de las aguas subterráneas fué alterado profundamente en la área pleistoséistica. Esta es una región rica en aguas subterráneas que alimentan las fuentes del río Huitzilapa. Los afluentes de éste son permanentes y el gasto normal del río después del terremoto era de 3.36 metros cúbicos por seg. La precipitación anual en la vertiente oriental de la cumbrera "Pico de Orizaba, Cofre de Perote," puede estimarse en 1,000 milímetros de altura. Es seguro que muchos de los receptáculos acuíferos subterráneos fueron agotados bruscamente.

Puede decirse que dentro de la isoseísta IX se observó el enturbamiento de las aguas subterráneas (de Jalapa a Saltillo Lafragua). No hubo manera de comprobar si hubo variaciones en la temperatura de los manantiales. No existían ni existen manantiales termo-minerales en la zona pleistoséistica.

Entre el puente de Chilchotla y el paraje de Ocoteme (bis), corre el arroyo de La Fundición, afluente del Huitzilapa, su gasto aumentó después del terremoto según el decir de los habitantes de Chilchotla. Actualmente lleva 200 litros por segundo.

4.—INUNDACION DE LODO.

La consecuencia de los deslizamientos del terreno, de la aparición brusca de manantiales y del relieve topográfico fué el aumento considerable del caudal normal del Huitzilapa, produciéndose una corriente de lodo que todo lo arrasó a su paso. Los derrumbes secos o lodosos formaban diques temporales que detenían el curso del río; pero al fin cedían al impulso de la corriente o bien se movían animados por su propia velocidad si así lo permitía la viscosidad del lodo. La invasión del lodo no fué de una sola vez; hubo inundaciones intermitentes y en distintos tiempos creció su intensidad; esto sucedía cuando eran arrastrados los obstáculos interpuestos.

No puede hacerse el estudio mecánico de esta corriente extraordinaria porque se desconocen los coeficientes prácticos de viscosidad y rozamiento de esa masa en movimiento; y los demás datos del problema son tan burdamente aproximados que no puede obtenerse por el cálculo el conocimiento del gasto, impulso y energía de la corriente.

Esta masa pastosa se movió sin obedecer a las leyes de la hidráulica: formó oleajes debidos a su viscosidad y al aumento de caudal que recibía de los diques arrastrados o de nuevas avalanchas laterales que se precipitaban por los flancos del cañón. En los codos de éste, la masa lodosa no presentaba una superficie libre horizontal, alcanzaba mayor altura del lado externo del codo que del interno (diez metros más o menos); y frecuentemente se levantaba en aquél bajo la forma de ola, dejando sus huellas sobre

la vegetación arborescente a más de 60 metros sobre el nivel propio de la inundación. Esto significa que la fuerza centrífuga tenía una marcada influencia y que el lodo era bastante fluido para obedecer a la trayectoria tangencial. No sería difícil demostrar por el cálculo que la energía empleada por la corriente, en la unidad de superficie, para destruir las habitaciones de Barranca Grande fué una mínima parte de la que necesitó la misma corriente para vencer los obstáculos que interceptaban su paso en los tramos estrechos del cañón del Huitzilapa.

Aguas abajo del puente de Quimixtlán la sección transversal ocupada por el lodo fué un trapecio cuyas dimensiones aproximadas son: base inferior, 10 metros; base superior, 80 metros; altura, 65 metros. Después de algunos días del terremoto, el río de Los Pescados llevaba aguas turbias hasta su desembocadura en La Antigua, Golfo de México.

5.—HUNDIMIENTOS LOCALES.

(Lám. 1—B.) Posteriormente al temblor se han verificado hundimientos locales en Ayahualulco y en Ixhuacán. No podemos decir si estos cambios en la topografía de la región fueron ocasionados o coincidieron con algún choque sísmico o si ocurrieron sin que éste se presentara. Lo cierto es que son de gran significación para fundar algunas de nuestras conclusiones.

El primer hundimiento ocurrió en la última decena del mes de marzo de este año. Los trabajadores del campo en las cercanías de Ayahualulco se dieron cuenta de él mientras se entregaban a sus labores. No se precisa la forma ni las dimensiones del hundimiento. Solamente se dice que fué seguido de ruidos subterráneos, probablemente ocasionados por derrumbes parciales en las paredes del hundimiento.

El señor ingeniero don Rubén Bouchez, encargado de la Estación Sismológica Provisional de Jalapa, Ver., tuvo la bondad de comunicarme que del 4 al 10 del mes de julio de este año, ocurrió un hundimiento a 2 km. de Ixhuacán; el señor Bouchez gestionó ante el Gobernador del Estado de Veracruz que se hiciera una visita de inspección al lugar señalado, y el resultado lo transcribo en seguida: ....."me trasladé al lugar donde ocurrió el hundimiento, el cual se encuentra a 20 km. de Cosautlán, y a 2 de Ixhuacán, a 60 metros al S. del camino, en un sembrado de maíz por el que atraviesa un arroyo que interrumpió su curso por el hundimiento, haciendo que las aguas de aquél caigan a una profundidad de 18 metros; su forma interior es cónica y sus paredes están constituídas por rocas; parece que su asiento está falso y el agua que constantemente cae dentro, tiene corriente interior; su diámetro mide 30 metros y su abertura es casi circular; fué levantado con brújula y cinta."....El ayudante de ingeniero, Othoniel Aquirre (Firmado). Cosautlán, Ver. 24 de julio de 1920. (Acompaña el señor Bouchez su carta del plano levantado por el señor Aquirre.)

La aparición de estos fenómenos es muy instructiva para dar mejor idea de la región conmovida y confirman la relación que, según nosotros, guardan entre sí los accidentes sismo-tectónicos que se disponen en torno del Cofre de Perote.

Estos hundimientos son netamente tectónicos y han ocurrido en terrenos volcánicos terciarios, son inconfundibles con los hundimientos que corresponden a las cavernas en los países calizos o "kársticos," (usamos esta denominación porque pertenece a la terminología físico-geográfica y está aceptada por las autoridades en la materia.

Estos fenómenos geológicos observados en Ayahualulco y en Ixhuacán, acusan el afallamiento característico de un *campo de asentamiento normal.*

El sabio geólogo Ed. Suess, refiriéndose al sistema de fallas que se presentan en un campo de esa naturaleza, dice: ....."Las fallas radiales cortan a las periféricas separando dovelas trapezoidales que se mueven independientemente; hacia el centro se forman cuñas triangulares que dan na-

cimiento a hundimientos particulares, localizados, circulares, angulosos o irregulares.".... Los hundimientos mencionados se han presentado en la proximidad de la isoseísta X, al N. de la área circunscrita por la isoseísta XI y ocupando un lugar intermedio entre el epicentro del terremoto y el centro geométrico del campo de afallamiento o sea el vértice del Cofre de Perote.

CAPITULO VI

Resultados de las observaciones macrosísmicas

Hasta ahora nuestro trabajo ha sido puramente descriptivo, hemos procurado presentar los diversos fenómenos ocurridos en la zona pleistoséistica del 3 de enero tales como fueron observados; una que otra vez hemos hecho razonamientos para definir las causas de algunos de ellos; o bien se ha insistido en algunos detalles importantes para que al final de nuestro estudio no nos sea difícil el paso de nuestras propias observaciones al establecimiento definitivo de nuestras conclusiones.

Con el material de datos que ya conocemos se pueden plantear los problemas que debe resolver el sismologista, a saber: construcción de las isoseístas en el mapa sísmico de la región, cálculo de la profundidad del foco o hipocentro, cálculo de la energía cinética desarrollada por el terremoto, e interpretación de la dirección de las ondas destructoras en cada localidad.

I.—ISOSEISTAS

El trazo de las isoseístas es una de las condiciones principales de un mapa sísmico. Siendo este último el resultado de las observaciones macrosísmicas en la zona pleistoséistica, se notará en nuestra exposición anterior un desorden aparente de ideas al citar a cada momento, cuando lo hemos creído necesario, el mapa sísmico de la Lám. I—B y las propias isoseistas; esto se debe a que no hemos querido desligar la presentación de ciertos fenómenos y la extensión que abarcaron de las posiciones y dimensiones de estas curvas; y de esta manera justificamos que el trazo de ellas no es arbitrario.

Como siempre sucede en casos semejantes, la construcción de las isoseistas está sujeta a un coeficiente de incertidumbre por los medios defectuosos de observación en el campo y por la falta absoluta de observaciones sismométricas instrumentales dentro de la área megasísmica. Se procuró, sin embargo, que su construcción no fuese arbitraria, así hemos obtenido (Lám. 1—B) curvas que se separan mucho de los círculos y de las elipses teóricas tan comunes en los trabajos sismológicos antiguos en que se carecía de observaciones macrosísmicas suficientes. La observación fué el fundamento exclusivo de la construcción de las curvas y ya veremos que satisfacen perfectamente a la ley mecánica de la conservación de la energía.

Su forma tiene semejanza con la huella de un pie humano, especialmente la IX y la X; y recuerdan la forma de las isoseistas del temblor del Valle Imperial de California del 22 de junio de 1915, estudiado por Carl. H. Beal, en cuyo mapa sísmico, la falla de San Jacinto es una línea axial de las isoseístas. El profesor F. Omori encuentra una curva semejante al trazar el área de percepción de los ruidos y detonaciones producidos en las erupciones del Asama-Yama (Erupción del 31 de mayo de 1909). Dentro de esta área acústica marca con puntos los sitios en que se percibieron con mayor claridad las detonaciones. El mayor número de puntos está en la parte ensanchada de la curva; lo que para nosotros significa, y así lo interpretamos,

que: ya se trate de vibraciones que provengan de un accidente tectónico o de un aparato volcánico en actividad, las isoseístas y las iso-acústicas se separan de la forma elíptica, si entran en acción simultánea o sucesiva varios segmentos de falla, en el primer caso, o varios focos de explosión, en el segundo.

Las isoseistas del temblor del 3 de enero se alargan de E. SE. a W NW., y son ligeramente cóncavas hacia el Cofre de Perote. Las IX, X y XI, fueron trazadas con los mejores datos: en cuanto a la VIII, nos parece un tanto arbitraria, aunque liga puntos de donde se recibieron noticias y próximamente marca el límite del fenómeno sentido como fuerte macrosismo sin llegar a ser megasismo; para la construcción de las curvas exteriores no tenemos datos, hasta llegar a la III. (No figura en el mapa sísmico I—B.) Por los telegramas recibidos en la Estación Central de Tacubaya, pasa por Veracruz, Tecamachalco, Tehuacán, Teotitlán, Cuicatlán, S. Jerónimo, Otumba, México, Tacubaya, Calpulalpan, Huamantla, Tlaxco, Chignahuapan, Tetela, Zacatlán, Huauchinango y Tuxpan. Esto significa que fué débilmente sentido en los Estados de Veracruz, Puebla, Oaxaca, Tlaxcala, México y Distrito Federal, señalándose así el límite externo de la área macrosísmica. El cuadro siguiente da idea de la extensión de estas curvas y de sus constantes, que en lo que sigue nos van a ser de utilidad. La columna 5.ª del cuadro contiene las relaciones del cuadrado de la longitud de la curva a su área efectiva; y se verá que de la III a la X, esta relación es casi constante, siendo su promedio 19.4 veces, lo que es indicio de proporcionalidad entre las magnitudes comparadas, cualquiera que sea la isoseista que se considere. Las superficies fueron determinadas por medio de un planímetro polar de Amsler, repitiendo las medidas y promediando los resultados. Los desarrollos fueron medidos con curvímetro.

CURVA	Area en Km.²	Longitud Km.	Cuadrado de la longitud	Relación $\frac{L^2}{S}$
XI.	70.8	41.2	1697.4	26.8 veces.
X.	433.6	96.0	9216.0	21.2 „
IX.	955.2	140.0	19600.0	20.5 „
III.	77200.0	1130.0	1276900.0	16.5 „

Del examen de este cuadro se deducen estas otras relaciones:

Sup. III, $\gtrless$ 1090 veces Sup. XI. Sup. IX. $\gtrless$ 2 veces Sup. X. Sup. X, $\gtrless$ 6 veces Sup. XI.

El área epicentral, circunscrita por la isoseísta XI, es pequeña si se compara con sus similares en ocasión de otros sacudimientos terrestres; desde este punto de vista el terremoto que nos ocupa es comparable con el de Kangra, ocurrido el 4 de abril de 1905, y estudiado por Middlemiss Después encontraremos otro punto de contacto entre los mismos fenómenos sísmicos, por lo que se refiere a su sismogenia.

El área macrosísmica es apenas $\frac{1}{2,574}$ de la superficie territorial de nuestro país. Es fácil convencerse de que las isoseistas se aproximan unas a otras al N., NW. y W., es decir, hacia el macizo montañoso y se separan entre sí al S., SE. y E. Por lo cual, asimilando las isoseistas con las isohipsas de un relieve topográfico cualquiera, diríamos que la "pendiente sísmica" es mayor hacia el Cofre de Perote que al S. del curso del río Huitzilapa, esto es, al N. decreció rápidamente la intensidad del movimiento *hasta su extinción no lejos del epicentro,* mientras al S. y al E. decreció con lentitud; como si las ondas se propagaran mejor en estas últimas direccio-

nes. Estas condiciones particulares de la propagación de las ondas gravitacionales sirven al sismologista para definir la parte del accidente tectónico que se movió durante el terremoto, según veremos después.

2.—PROFUNDIDAD DEL HIPOCENTRO

La construcción de las isoseistas es de grande utilidad para resolver con su auxilio los otros problemas que hemos mencionado al principio de este capítulo.

La profundidad del hipocentro puede ser determinada por el método de Dutton. Si construímos "la indicatriz," es decir, la curva cuyas abscisas son las distancias de las isoseistas al epicentro (Falla de Ocoxochocan) y por ordenadas las intensidades correspondientes a cada curva, expresadas en milímetros por segundo cuadrado, encontraremos dos cosas: 1.ª, que la indicatriz no sería la misma en todas direcciones al rededor del epicentro; obtendríamos tantas curvas distintas, aunque todas de la misma familia, cuantos planos secantes verticales hiciéramos pasar por el epicentro. 2.ª, que todas estas curvas presentarían como característica común la de tener su punto de inflexión en la ordenada que correspondiera a la intensidad de la isoseísta IX, por ser en ella en donde comienza a decrecer la "pendiente sísmica" con verdadera lentitud. Conocida ya el área de esta curva, buscaremos el radio del círculo equivalente; y substituyendo su valor en la ecuación del Mayor Dutton:

$$q = r\sqrt{3} \qquad \text{(A)};$$

en la que q es la profundidad del foco y r el radio. del círculo equivalente, ambas expresadas en km., resultará:

$$\text{Area} = 955.2 = \pi r^2,$$

de donde:

r=17.4 y substituyendo en (A):
q=30.1 km.

Esta distancia vertical la atravesarían las ondas longitudinales en un tiempo máximo de 5 segundos. Aunque esta profundidad no es exagerada si se compara con las de su misma especie, calculadas para otros terremotos, no nos satisface, porque siendo el área epicentral pequeña, la profundidad focal correspondiente debe ser también pequeña, conforme a los principios axiomáticos de Von Lasaulx. Además, la estructura interna que consideramos como causa sismotectónica de este terremoto es poco profunda. Dutton considera que de 20 a 25 millas en adelante, o sea 40 kilómetros como máximo, deben rechasarse los resultados que se refieren a profundidades focales. Pero algunos autores sostienen la tesis de que abajo de 10 kilómetros las condiciones físicas de la corteza terrestre no permiten la existencia de fracturas; y por tanto, no descienden a esa profundidad las dislocaciones sismogénicas que afectan la superficie de la tierra.

3.—ENERGIA DEL MOVIMIENTO

Desde que la sismología entró en el campo de la observación y de la experimentación, hubo de adquirir el carácter de cuantitativa; pero siendo de orden tan complejo los fenómenos que estudia, el análisis matemático es insuficiente muchas veces para darnos idea de ciertas magnitudes sísmicas, si queremos que éstas sean absolutas y se expresen en términos de una unidad escogida de antemano. Uno de los problemas más escabrosos, por la incertidumbre de sus resultados, es la medida de la energía radiante en el caso de un temblor de tierra. La intensidad de un temblor se considera

proporcional a la aceleración máxima de la partícula terrestre, en un lugar determinado, considerado aisladamente; y esta es la base de las escalas de intensidad ya conocidas; pero la energía cinética total o radiante, desarrollada por un terremoto es el trabajo que consume la masa puesta en movimiento para generar ondas de tipo armónico. Un mismo terremoto puede ser altamente destructor en la zona epicentral y aun en la megasísmica y a la vez poner en libertad una pequeña cantidad de energía cinética total; o inversamente, en una extensión en donde los efectos del terremoto no sean desastrosos, puede haberse librado una energía muy considerable. Entre la intensidad de un terremoto y la energía sísmica existe la misma diferencia que entre la iluminación o alumbramiento y la energía total que emite un foco luminoso, tales como se interpretan estas magnitudes en fotometría.

El examen de las ecuaciones del movimiento armónico simple nos convencerá de la imposibilidad de calcular, la mayoría de las veces, la energía cinética, de una manera directa; efectivamente:

$$v = \frac{2\pi a}{t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1);$$

$$f = \frac{v^2}{a} = \frac{4\pi^2 a}{t^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2);$$

$$\text{y } W = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{2\pi a^2 V.m.}{t^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3).$$

Las (1) y (2) dan la velocidad y la aceleración del movimiento vibratorio en un lugar en que se han medido la amplitud a y el período t de la onda máxima (medidas hechas sobre el sismograma). En el área macrosísmica ya hemos dicho que no se obtuvo la medida de estas magnitudes. La ecuación (3) da la energía cinética que pasa por el plano paralelo al frente de la onda por unidad de superficie y en la unidad de tiempo, en un medio elástico cuya densidad o masa específica es m, siendo V la velocidad de transmisión de la onda. Suponiendo que conociéramos a y t, no podríamos calcular a W sino cometiendo errores muy grandes, porque asignaríamos a V y a m valores arbitrarios. Tenemos que recurrir a métodos indirectos para estimar la energía relativa del terremoto del 3 de enero.

La primera tentativa para medir la energía radiante en un medio elástico, fué de Lord Kelvin. Después, T. C. Mendenhall, J. Milne, R. de Kövesligethy y Harry Fielding Reid se han ocupado de la energía sísmica. Milne considera que las áreas de las isoseistas, son proporcionales a la energía librada por el terremoto.

Debemos decir que conforme a la ley de la conservación de la energía, la que atraviesa todas y cada una de las isoseístas, es la misma, en otros términos: las áreas son inversamente proporcionales a las intensidades, y por tanto, a las aceleraciones. En efecto, si en la ecuación (3) reconocemos que interviene la aceleración y substituímos su valor que da la (2), resultará:

$$W = \frac{1}{2} f.a.V.m \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4).$$

Es decir, la energía es proporcional a la aceleración y a la amplitud.

Para nuestro caso particular hemos llegado a la misma conclusión después de la construcción de nuestro mapa sísmico, sin prejuicio de ninguna especie; en efecto, hemos interpretado estos resultados construyendo las gráficas 1 y 2 de la Lám. III—B en la primera, las abscisas son las aceleraciones en milímetros por segundo cuadrado y las ordenadas, los desarrollos lineales de las isoseístas en kilómetros. En la segunda, las ordenadas son

las áreas de las isoseístas en kilómetros cuadrados. Refiriéndonos a la última, podemos comprobar que sensiblemente, las áreas son inversamente proporcionales a las intensidades; es decir:

$$\text{Area} \times \text{Intensidad} = \text{Constante} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5).$$

Por lo cual la gráfica es, dentro de los límites de las isoseístas III y X, aproximadamente una hipérbola equilátera. Lo que está de acuerdo con las leyes de la física, pues haciendo uso del lenguaje que se emplea en la Teoría del Potencial, diríamos que *el flujo sísmico que parte de un foco de vibraciones es constante.* Pero si por nuestras observaciones macrosísmicas y por su interpretación geométrica hemos llegado a esta ley general, que comprueba la construcción de nuestras isoseístas como la más probable, no por eso hemos resuelto el problema que nos propusimos. Para ello hay que recurrir a un método indirecto, éste es el de H. Fielding Reid Para calcular la energía sísmica determina el cuadrado de la longitud de la isoseísta III, escogiendo esta curva porque marca el límite de percepción del movimiento para el hombre, y por tanto, su trazo es más fácil que el de las otras, su forma menos irregular, y en ella han emergido las ondas mejor diferenciadas que en las curvas interiores. Después, fundándose en que los cuadrados de las longitudes de la isoseísta III para dos terremotos son directamente proporcionales a sus respectivas energías, escoge el terremoto de California del 15 de abril de 1906, cuya energía fué cuidadosamente determinada (1.75×10^{24} ergs), habiendo sido 10.800,000 kilómetros cuadrados, el cuadrado de la longitud de la isoseísta III; y con estos valores calcula la energía relativa de cualquier terremoto, haciendo uso de la proporción:

$$\frac{L^2_1}{L^2_2} = \frac{\text{Energía}_1}{\text{Energía}_2} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (B)$$

Por lo demás, el método de H. F. Reid está de acuerdo con las conclusiones de Milne, que compara las áreas de la misma isoseísta en dos terremotos. En el caso del 3 de enero, la columna 5.ª de la página 94 indica que ambos métodos son semejantes.

La isoseísta III del terremoto del 3 de enero no tuvo una forma regular que siquiera se aproximara a la de una elipse, el cuadrado de su longitud es 1.276,900 kilómetros cuadrados. Haciendo uso de la (B), encontramos para el terremoto del 3 de enero de 1920:

$$\text{Energía} = 0.21 \times 10^{24} \text{ ergs} \ldots \quad (6).$$

Este resultado coloca al terremoto mexicano en la lista de las catástrofes sísmicas más recientes, como superior a los de la isla de Ischia del 4 de marzo de 1881 y del 28 de julio de 1883 y al de Costa Rica del 4 de mayo de 1910 e inferior al de Messina del 28 de diciembre de 1908 y a los de San Francisco California de 1906, de Mino-Owari, de Charleston, de Lisboa y otros. Sin embargo, fué catastrófico en la área epicentral.

La energía del terremoto de Messina fué 2.7 veces mayor que la que libró el terremoto de Puebla y Veracruz.

4.—DIRECCION DEL MOVIMIENTO

Las direcciones observadas en cada localidad de la área megasísmica constan en la Lám. I—B; si por un momento nos imaginamos que desaparecen las isoseístas trazadas en el mapa sísmico, la divergencia de las direcciones marcadas por las flechas, produciría a primera vista la confusión más completa, tan cerca se encuentran una de otra dos direcciones que difieren entre sí más o menos 90°. Pero si relacionamos las flechas con el

trazo de las isoseístas, esa confusión momentánea desaparecerá y concluiremos algo útil. (No olvidando la influencia que tienen en la dirección observada la elasticidad del subsuelo, la topografía local, y principalmente, la mezcla de ondas sólidas de naturaleza distinta que emergieron dentro del área megasísmica.)

En las cercanías del epifoco se mezclan las ondas longitudinales, transversales y superficiales, pero dada la velocidad mayor de las primeras, emergerán en primer término y serán las más violentas dentro de la isoseísta XI. Las direcciones del movimiento en Chilchotla y Patlanalá correspondieron a las ondas longitudinales, son *casi normales a la isoseísta XI;* por la caída de edificios (torre de Chilchotla); la conservación de construcciones en orientación favorable (puente de Chilchotla); y la deformación permanente de algunas estructuras (caseta de madera en Patlanalá), puede asegurarse que el movimiento del suelo dentro de la isoseísta XI fué *desde el epifoco,* es decir, *externo* (onda de compresión). Esto significa que el foco principal del sacudimiento fué muy superficial, según las conclusiones del profesor F. Omori. En los intervalos X—XI y IX—X, y al N., NW., W. y SW., esto es, en donde las curvas se aproximan entre sí, encontramos que las direcciones son aproximadamente pararelas a la tangente a la isoseísta en cada localidad: Ayahualulco, Agua de la Mina, Saltillo Lafragua y Camuxapa. Podemos decir que en estos lugares emergieron las ondas transversales como más enérgicas que las longitudinales. Hacia el Oriente de la zona megasísmica, en donde las curvas se separan por un decrecimiento lento de la intensidad, como si hubiera sido más fácil la propagación del movimiento vibratorio en ese sentido, las direcciones se aproximan más a la normal que a la tangente de las isoseístas en cada lugar, es decir, las ondas longitudinales llegaron a la superficie con gran violencia para dejar huellas de su dirección: Teocelo y Jalapa. En Cosautlán influyó la accidentada topografía de sus contornos. En San Andrés Chalchicomula las ondas que afectaron la estabilidad de las construcciones fueron superficiales o gravitacionales.

Se desprende de lo expuesto, que con datos más abundantes y observaciones cuidadosas en el intermedio de las curvas IX y III, que no exploramos, se hubiera podido fijar de una manera más completa el carácter del terremoto en lo que se refiere a la propagación de las ondas y definir la longitud de onda que correspondió a las vibraciones de las 3 fases; porque acerca de esto sólo contamos con el dato sismométrico de la Estación Central de Tacubaya que da la longitud de las ondas de la primera fase, como vimos en la segunda parte de esta memoria.

CAPITULO VII

Consideraciones dinámicas acerca del terremoto. Sismogenia.

> "Conviene ser particularmente prudente al tratar de razonar sobre la naturaleza de los temblores de tierra."
> *Ed. Suess.*

Solamente con el fin de presentar un conjunto más o menos completo del fenómeno sísmico del 3 de enero, nos vemos en la necesidad de entrar en el terreno de las conjeturas acerca de la causa que lo produjo. No intentaremos relacionar este fenómeno con la tectónica general del país, pues estos trabajos sintéticos son peligrosos y demandan de parte del que los ejecuta muy profundos conocimientos. Creemos que sujetándonos a nuestras observaciones macro y microsísmicas y al rápido reconocimiento que pudimos hacer en el terreno, nos será fácil llegar a inferir las causas del terremoto, explicando el mecanismo del movimiento en una forma demasiado simple y concreta.

El aspecto fisiográfico de la región dijimos que revela un caso típico de topografía sísmica: los alineamientos orográficos se suceden paralelamente de Norte a Sur entre el Cofre de Perote y el Cañón de Huitzilapa, desde Chilchotla a Patlanalá, formando un conjunto que si se secciona verticalmente por un plano que pase por el Cofre de Perote, cualquiera que sea el azimut del plano, su intersección con el terreno será el zig-zag vertical de los dientes de una sierra y en los senos de este perfil dentado se alojan el Huitzilapa y sus afluentes.

La red hidrográfica se localiza en antiguas fracturas de las andesitas, hoy profundizadas hasta descubrir el basalto columnar que forma el basamento del Cofre de Perote. Los derrames de lavas terciarias cubrieron los sedimentos cretácicos plegados que descubrimos en Patlanalá, en donde el cañón del Huitzilapa es más profundo.

Todo este edificio descansa sobre la infra-estructura de syenitas, gabbros y granitos que afloran en donde la erosión de las aguas corrientes ha profundizado demasiado las fracturas de las andesitas. (Barranca de Atlipixtla, Lám. II—B, 3). Entre estas fracturas que se orientan de E. a W. y de NE. a SW., en torno del Cofre de Perote, existen fallas como la de Ocoxochocan (Lám. XXI—B, 2); el bajo de esta falla normal está constituído por las rocas intrusivas cristalinas (syenitas); su echado es casi al S.; y el alto lo forman las andesitas que ocupan una grande área en la región pleistoséistica.

Los cambios del relieve ocasionados por el terremoto fueron profundos en Ocoxochocan, los de más importancia entre todos los observados; tanto que por su magnitud nos vimos imposibilitados para calcular la profundidad del foco por el método del señor ingeniero Loperfido; porque este método supone que los cambios en las coordenadas absolutas de un punto del relieve topográfico sean diferenciales, cosa que no sucedió ni en el accidente sismo-tectónico ni en sus cercanías. La línea de falla de Ocoxochocan coincide con el eje mayor de la isoseísta XI (Lám. I—B).

El movimiento vibratorio que se originó en el plano de falla de Ocoxochocan se propagó con libertad, decreciendo lentamente al S. de la falla y se extinguió rápidamente al N., lo que significa que el bloque de la corteza puesto en movimiento pertenece al alto de la falla de Ocoxochocan.

Las observaciones sismográficas han revelado que no hubo del primero de noviembre de 1919 al cinco de enero de 1920, migración del foco; esto individualiza la dovela que se movió en dos períodos de inquietud sísmica, correspondiendo al terremoto del día 3 de enero iniciar el segundo período.

La dovela no es de grandes dimensiones lineales, porque la proyección horizontal de la línea de falla que entró en actividad, mide 45 km. (más o menos la mitad de la que correspondió a la falla de Acambay-Tixmadejé del Estado de México, descubierta en 1912). Esta dimensión ha sido deducida de los intervalos L—P de los choques anteriores y posteriores al terremoto, según los registros de la Estación Central; los intervalos oscilan entre 22 y 28 segundos y los choques provienen del E. de Tacubaya.

Las dimensiones verticales del accidente tectónico son pequeñas:

1.°, por los áreas relativamente reducidas de las isoseístas centrales; 2.°, por las huellas que dejó el terremoto dentro de la isoseísta XI de que el primer impulso fué compresional externo; 3.°, por su rápida extinción macrosísmica, no dejándose sentir el movimiento sino en la parte oriental de nuestro país; 4.°, por no haber accionado los sismógrafos de las estaciones extranjeras a más de 4,000 km. del epifoco.

La falla de Ocoxochocan pertenece a un segmento de falla periférica de las que bordean el flanco N. del Cañón de Huitzilapa, formando poligonales cóncavas hacia el Cofre de Perote, centro común de estas poligonales más o menos irregulares. La existencia de estas fallas periféricas se revela: 1.°, por la fisiografía de la región, y 2.°, porque la línea axial de las isoseístas es curva y vuelve su concavidad hacia ese centro. La presencia de fallas

periféricas con respecto a un centro común supone necesariamente el sistema conjugado radial:

1.° Por la experimentación, que nos ha demostrado que si una masa sufre la contracción molecular hasta perder su cohesión en torno de un núcleo que sea más resistente o más tardío para sufrir el fracturamiento, aparecerán ambos sistemas de fracturas periférico y radial en torno de ese punto. Estos resultados pueden conseguirse por la desecación de una masa pastosa, por hundimiento lento del núcleo en una masa más o menos plástica o por hundimiento gradual de la periferia al centro.

2.° Los hundimientos locales de Ayahualulco e Ixhuacán, citados en el Capítulo V, atestiguan que la región está francamente dividida en dovelas que aisladas del conjunto se mueven con independencia en ese campo reticular de fracturas.

Es, por tanto, la región que visitamos un campo de dislocación que ha producido períodos de sismicidad como el del 3 de enero y que producirá nuevos sacudimientos.

El sabio geólogo. Ed. Suess llama a estas regiones *"campos de dislocación por asentamiento o hundimiento"* y dice: "No hay en este grupo de dislocaciones de que voy a tratar ninguna huella de impulso activo dirigido de *arriba hacia abajo*. Cuando faltan los movimientos tangenciales, las dislocaciones existentes se explican fácilmente por *una flexión del soporte y por la gravedad*: todo lo que se observa se reduce a formas diversas de asentamientos y hundimientos pasivos; se conserva la impresión de que *la componente vertical obra en la profundidad como si llegara a crear* abajo de una cubierta superficial *vacíos* que permitieran a las dovelas de esta corteza el hundimiento. Se distinguen en un campo normal de asentamiento: fallas periféricas, radiales, diagonales y transversales."

Es decir, que el asentamiento no implica la existencia de vacíos interiores que vienen a ser ocupados por las capas superiores, esta idea es demasiado vulgar, pero ya se ve que es suficiente la *flexión del soporte* para que la super-estructura se disloque y fraccione en dovelas limitadas por fracturas radiales y periféricas.

Hemos observado muy recientemente en pequeña escala, que no se necesita del *vacío inferior* para que un macizo superior se disloque y fracture. Habiendo cedido el soporte, el fenómeno se ha producido: un muro de adobe sin cimientos y cargado, descansaba sobre una capa de arcilla, que las lluvias humedecieron hasta ponerla plástica, el soporte cedió porque la capa inferior no era compresible y el muro fué arruinado bruscamente.

En vista de las ideas anteriormente expuestas y concretando nuestra conclusión podemos decir que: *una flexión del soporte cretácico en que descansan los derrames volcánicos terciarios de la base del Cofre de Perote, ha producido un campo de afallamiento radial y periférico, dentro del cual se encuentra la zona epicentral del 3 de enero de 1920.*

El accidente sismo-tectónico es visible en la superficie del terreno (falla de Ocoxochocan) y coincide como en el terremoto de Kangra con el contacto de las rocas eruptivas terciarias y las intrusivas cristalinas.

El terremoto del 3 de enero fué de dislocación o estructural, independiente de toda acción volcánica.

La zona epicentral pertenece a la vertiente oriental de la Sierra Madre Oriental, muy cerca de los límites de la Mesa Central Mexicana, y ocurrió en un terreno ocupado por rocas eruptivas terciarias y pleistocenas. No guarda relación aparente con ninguno de los sistemas de fallas que han sido considerados como sismogénicos en ocasión de otros temblores mexicanos de epifoco continental.

La presentación del fenómeno que estudiamos, se agrega a la lista de temblores mexicanos, cuyos epifocos se han localizado en la parte central de nuestro país sin pertenecer al geo-synclinal circumpacífico. La zona de frecuencia sísmica tan elevada que bordea el litoral de los Estados de Mi-

choacán, Guerrero y Oaxaca, ha cedido en los últimos diez años su importancia sísmica a una faja continental que parece estar comprendida entre los paralelos 19° y 20° y está jaloneada afortunadamente por puntos escasos. Efectivamente, el 7 de junio de 1911 un megasismo conmovió el país, su epifoco estuvo situado en Jalisco y sus coordenadas = 19° N. y λ =103° W. de Greenwich fueron determinadas por los métodos de Klotz y de B. Galitzin. Vinieron en seguida los temblores de Guadalajara en 1912, y al final de ese año los terremotos de Acambay, Estado de México, producidos por una falla normal de rumbo EW., que coincide, aproximadamente, con el paralelo 20°.

Los ríos de Lerma y de las Balsas, que pertenecen a la vertiente del Pacífico, parecen limitar por el Norte y por el Sur esta zona transversal de sismicidad. Dentro de esta zona están las fallas en escalera del valle de Morelia. Ya hemos indicado en otro estudio el origen probablemente tectónico de los lagos de Pátzcuaro y de Cuitzeo, en el Estado de Michoacán. Las fallas de Tlalpujahua, Mich., quedan dentro de la zona que burdamente delineamos por falta de datos más precisos.

Advertimos que no pretendemos relacionar entre sí las manifestaciones sísmicas citadas ni atribuirlas a un mismo accidente tectónico, solamente hacemos resaltar la sismicidad en el centro de nuestro territorio a través de la Mesa Central Mexicana.

Tacubaya, D. F., 15 de agosto de 1920.

Heriberto Camacho.

APENDICE

I

Proyecto de una red sismológica en México

El objeto de una red sismológica es adquirir el conocimiento exacto de la sismicidad de un país; y por tanto, la localización de los epifocos es el primer paso en este conocimiento.

Dadas las dimensiones de nuestro planeta, se ha convenido para las investigaciones sismológicas, sin perjuicio de las geológicas, en que el epifoco de un temblor es un punto por determinar en un plano o en la esfera. Teniendo en cuenta esta consideración, el problema es semejante al de la localización de un punto en el espacio, o para mayor sencillez, en un plano por medio de sus coordenadas. Para lograrlo se necesita de una verdadera "triangulación sísmica," como existen la topográfica y la geodésica. Por eso, desde el punto de vista geométrico, nuestra red deberá estar formada por estaciones que ocupen los vértices de una red o de una cadena de triángulos aproximadamente equiláteros.

Desde el punto de vista tectónico las estaciones sismológicas deben alinearse en paralelismo con las directrices de nuestros ejes montañosos, y en este concepto, deberían ocupar líneas paralelas a las costas. Este punto de vista no es digno de consideración, porque en nuestros grandes temblores no hemos necesitado que esta condición esté satisfecha para hacer una exacta localización del epifoco.

Finalmente, y esto parece más importante, debemos tomar enseñanzas de la experiencia adquirida de 1904 a 1920 (diez y seis años de funcionamiento de los sismógrafos en México); ésta nos ha permitido encontrar como principales regiones sísmicas del país, las siguientes: 1.ª, la que bordea las costas del litoral del Pacífico en Oaxaca, Guerrero y Michoacán, abarcando parte de Chiapas, por lo que el Istmo de Tehuantepec queda dentro de esta área sísmica; 2.ª, Sonora y la Baja California; 3.ª, la que forman los epifocos que se alinean a lo largo de fallas dirigidas de E. a W. entre los paralelos 19° y 20° y que forman una faja transversal en el centro del país, cuyas manifestaciones han sido los temblores de Colima, Jalisco, Acambay y los recientes de Puebla y Veracruz. Mientras la primera región parece tener por límite boreal el curso del río Balsas, que sensiblemente corre por el paralelo 18° del E. al W., la última región sísmica que podemos llamar continental o de dislocaciones transversales a los ejes de las cordilleras principales, tiene por límite boreal el curso del río de Lerma, que se desarrolla del E. al W., siguiendo el paralelo 20° y cambiando después al NW. al llegar al paralelo 21°, hasta alcanzar su desembocadura.

De estas zonas ya conocidas hemos de recibir con frecuencia manifestaciones sísmicas y como los instrumentos con que actualmente contamos no están acondicionados para trabajar dentro de una zona pleistoséistica, pues en el caso de un choque brusco son inútiles las indicaciones instrumentales de un sismógrafo Wiechert, debemos instalar nuestras estaciones

en condiciones tales que un macrosismo sea registrado en todas ellas o en la mayoría y poner los instrumentos a salvo de una probable destrucción.

Además, y esta no es una razón de simple comodidad, las estaciones deben ubicarse en la cercanía de ciudades o poblados que presten garantías a la conservación de los instrumentos y en donde con un sueldo razonable se encuentre personal idóneo que las atienda, para que dentro de poco tiempo se encuentre al frente de la Red Sismológica un grupo competente de personas compenetradas del papel de la Sismología y capaz de progresar en sus investigaciones.

Debemos añadir que no es el único objeto de la Red Sismológica localizar los epifocos del país para construir la carta sísmica del mismo, sino además, debe contribuir al estudio de la física del globo; y a este respecto se tiene en cuenta en el proyecto el funcionamiento de estaciones que liguen nuestra red con las de los países vecinos por el Norte y por el Sur para cubrir los vacíos que se notan con frecuencia al construir el hodógrafo que corresponde a un terremoto. Estos vacíos dependen de que las estaciones no se escalonan entre los epifocos últimamente descubiertos en México, y las estaciones extranjeras. El proyecto comprende: A.—Estaciones que funcionan actualmente; B.—Estaciones que deben reinstalarse porque fueron destruídas durante la revolución. C.—Estaciones proyectadas conforme a las bases anteriores.

Con estos tres grupos se formará por de pronto una red de 15 estaciones que ocupen los vértices de dos cadenas de triángulos y que podíamos llamar la Red Preliminar.

A.

Estación Central en Tacubaya, D. F.
" de segundo orden en Mazatlán, Sin.
" " " " " Oaxaca.

B.

Estación de primer orden en Mérida, Yuc.
" " segundo orden en Monterrey, N. L.
" " " " " Guadalajara, Jal. o en Colima, Col.

C.

Estación de primer orden en Chihuahua, Chih.
" " segundo orden en Morelia, Mich, o Toluca, Méx.
" " " " " Puebla, Pue.
" " " " " Veracruz, Ver.
" " " " " Colima, Col.
" " " " " Tixtla, Gro.
" " " " " Salina Cruz, Oax.

y posteriormente las estaciones de segundo orden en La Paz, B. C. y en Hermosillo, Son.

Con el conjunto de los tres grupos mencionados se obtienen tres líneas de estaciones que cortan nuestro territorio de NW. a SE.: la primera o boreal estaría formada por cuatro estaciones: Hermosillo, Chihuahua, Monterrey y Mérida. La segunda o central la constituirán siete estaciones: La Paz, Mazatlán, Guadalajara, Morelia, Tacubaya, Puebla y Veracruz. La tercera o meridional tendría cuatro estaciones: Colima, Tixtla, Oaxaca y Salina Cruz.

Veamos qué ventajas se obtienen de agrupar los observatorios sismológicos en estas tres líneas: la estación de Mérida es importante porque establece un eslabón de enlace entre nuestra red y los sismógrafos de la

América Central, es el "detective," si se permite la expresión, de las ondas sísmicas que provengan de la región ístmica del continente americano, en esta labor influirá mucho la estación de Salina Cruz, cuya importancia sólo será comparable con la de la actual estación de Oaxaca, por el número crecido de registros que proporciona anualmente. Las estaciones de Chihuahua y Hermosillo servirán para ligar nuestra red con la de California, E. U.

Las estaciones de la segunda línea o central, permitirán localizar cualquier epifoco del litoral del Pacífico con bastante exactitud, porque ya sea continental o submarino, por simples intersecciones, cualquiera que sea la posición de los rayos sísmicos, habrá siempre tres estaciones de la línea central, que ligadas al epifoco, no produzcan intersecciones bajo ángulos muy agudos. La línea más austral que ocupa lugares más cercanos a la costa, servirá para localizar los epifocos submarinos del geo-synclinal y dará muy valiosas indicaciones en conjunto con las otras dos, cuando se registren movimientos de las fallas centrales del país. Estas tres líneas se disponen en concordancia con las regiones sísmicas y penesísmicas de nuestro país; y por burda que sea la carta de sismisidad que se consulte, se llegará al conocimiento de que la mayoría de las observaciones instrumentales en el caso de un megasismo, serán utilizables, lo que enriquecerá el material por ahora escaso para nuestros estudios. Para terminar haremos notar que la instalación de las estaciones de Veracruz y Salina Cruz nos parece urgente. Hemos presentado este proyecto que tuvimos el honor de dar a conocer al señor Director del Instituto en abril del presente año, porque el establecimiento de la Red Sismológica bajo bases racionales y económicas guarda íntima relación con los últimos acontecimientos de Puebla y Veracruz; y nos precave de caer en el error de fundar estaciones sismológicas dentro de las zonas pleistoséisticas a raíz de un acontecimiento sísmico de importancia, pues en tales casos se ha demostrado que los instrumentos suministran registros de escaso valor científico y que los gastos de su intalación no se ven compensados por los resultados que se alcanzan. (Lám. XXII—B.)

Tacubaya, D. F., 15 de agosto de 1920.

Heriberto Camacho.

II

INFORME ministrado por el señor Octavio Fernández de Castro, encargado de la Estación Meteorológica de Córdoba, Ver., respecto al temblor del día 3 y siguientes, de enero del presente año, cuyos datos fueron tomados personalmente y con ayuda de un pequeño sismoscopio de su invención.

Día 3 a 21ʰ. 49ᵐ. 14ˢ. muy fuerte oscilatorio y trepidatorio NW. a SE. con ruidos subterraneos.
„ 3 „ 22 . 15 . ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
„ 3 „ 22 . 19 . muy ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
„ 3 „ 28 . 00 . 18ˢ muy ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
„ 3 „ 23 . 08 . ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
„ 3 „ 23 . 10 . muy ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
„ 3 „ 23 . 37 . muy ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
Día 4 „ 0 . 15 . algo fuerte oscilatorio y trepidatorio con ruidos subterráneos.
„ 4 „ 0 . 49 . muy ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
„ 4 „ 2 . 03 . 20ˢ. muy ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
„ 4 „ 2 . 23 . 50 . muy ligero oscilatorio con ruidos subterráneos.
„ 4 „ 3 . 33 . 10 . muy ligero oscilatorio y trepidatorio con ruidos subterráneos.
„ 4 „ 4 . 07 . 30 . muy ligero oscilatorio y trepidatorio con ruidos subterráneos.
„ 4 „ 7 . 04 . 10 . ligero trepidatorio.

„ 4 „ 10 . 11 . 00 . ligero trepidatorio.
Día 5 „ 9 . 52 . 00 . muy ligero trepidatorio.
„ 5 „ 10 . 09 . 04 . muy ligero trepidatorio.
Día 7 „ 0 . 25 . 00 . ligero oscilatorio NW. a SE.

El primer movimiento que alcanzó una regular duración, fué bien registrado por el pequeño aparato, cuyo trazo presentó una fuerte desviación del NW. al SE., no así los demás movimientos, en atención a la imperfección del instrumento en aquel entonces.

Al sentirse los primeros muy fuertes movimientos del primer temblor, pude apreciar el violento salto de los pequeños objetos sobre la superficie de los muebles, así como el paro de los relojes cuyos péndulos se movían del NE. al SW., y no se presentó este fenómeno en los que se movían con la dirección del temblor.

Los ruidos subterráneos, semejantes al que produce un tren en marcha que desciende a regular distancia, fueron generalmente apreciados por todos los habitantes, y siempre se escucharon antes que la llegada del movimiento.

Tanto por la suspensión de la marcha de los relojes como por la caída de los objetos y el trazo del pequeño aparato, el movimiento del temblor para esta ciudad fué de NW a SE., pero pudo apreciarse también que este movimiento era acompañado por trepidaciones fuertes.

Como consecuencia del primer temblor entre los edificios más perjudicados pueden contarse los siguientes: Hotel Zevallos, Hotel Imperial, Escuela Secundaria Mixta, la casa habitación del señor Rafael Gómez Vargas, la cantina "El Cantábrico," la Escuela primaria "Hernández y Hernández," la casa habitación del señor general Cándido Aguilar, la casa cural anexa a la parroquia, la casa de la señora Felícitas Tómas Vda. de Fagoaga, el Palacio Municipal, la casa del señor José J. Montero y los Casinos Cordobés y Español, cuyas construcciones antiguas ya han sufrido otros fuertes temblores y en éste resintieron demasiado, presentando fuertas grietas, de las cuales unas eran antiguas y reaparecieron, y otras nuevas, que produjo el mencionado movimiento.

La parroquia de esta ciudad, hace más de cuarenta años, en un fuerte temblor sufrió la caída de una de sus torres, y desde entonces tiene grandes grietas que habían sido cubiertas, y las cuales hoy aparecieron bruscamente, lo que ha aumentado la consiguiente desconfianza al edificio, pero que en realidad no son de tomarse en consideración, dada la buena construcción general.

No se registró incidente alguno de graves consecuencias, pero de repetirse otro movimiento como el primero, se producirían grandes derrumbes.

En general, el ochenta por ciento de las casas de la ciudad sufrieron cuarteaduras regulares y puede decirse que han quedado divididas las habitaciones todas, en sus cuatro ángulos.

Las divisiones de mampostería que más sufrieron fueron todas las que se encuentran construídas siguiendo la línea NE. a SW, y precisamente en esta posición se encuentran las de las cuatro casas que en la ciudad sufrieron algún derrumbe, pero que, como el mayor de éstos sólo es de dos metros cuadrados de mampostería, relativamente se estima que no hubo pérdidas de importancia, así como felizmente ninguna desgracia personal."

H. Córdoba, enero 7 de 1920.

El Encargado, *Octavio Fernández de Castro.*—Rúbrica.

Este informe lo recibimos del señor Fernández de Castro el 22 de noviembre del año en curso, cuando estaba para darse a la prensa esta Memoria, pero nos pareció útil insertarlo, aunque fuera al final de ella, porque da idea del carácter del terremoto en la ciudad de Córdoba.

BIBLIOGRAFIA

El Nauhcanpatépetl o Cofre de Perote. Por el señor ingeniero E. Ordóñez. Bol. Soc. Geol. Mexicana. Tomo I.

El Pico de Orizaba. Por el señor doctor P. Waitz. Bol. Soc. Geol. Mex. Tomo VII.

Itinerarios geológicos. Por el señor ingeniero J. G. Aguilera. Bol. Inst. Geol. Números 4-6, 1896.

Geología de los alrededores de Orizaba. Por el señor doctor Emilio Böse. Bol. Inst. Geol. Número 13, 1899.

Algunas regiones petrolíferas de México. Por el señor ingeniero de minas J. D. Villarello. Bol. Inst. Geol. Número 26.

Las barrancas de las Minas y Tatatitla. Por el señor ingeniero E. Ordóñez. Bol. Soc. Geol. Mex. Tomo I.

Bosquejo geológico. Por el señor ingeniero J. G. Aguilera, y el señor ingeniero don Antonio del Castillo. La Naturaleza. 2.ª serie. Número 2, 1894-1896.

La Terre Tremblante. Por Jean Carriere.

La Rosa Sísmica de Orizaba, según las observaciones de C. Mottl. La Science Seismologique. Por el conde F. de Montessus de Ballore.

K. Haussmann.—Beitrag. Zur, Bestimung der Fortpfianzungseschwindifkeit der Erdbebenwellen in den obersten Erdschichten.—Comptes Rendus des Seances de la Quatriéme Conference de la Commission Permanente et de la Deuxieme Internationale de Sismologie. Reunies a Manchester. 1911.

Boletín del Instituto Geológico de México. Número 32. Año de 1913.

F. de Montessus de Ballore.—La Sismologie Moderne. Paris. 1911.

Emm. Martonne.—Traité de Géographie Physique. Paris. 1903.

Ed. Suess. La Face de la Terre. Tomo I. Paris. 1897.

Cral H. Beal.—Bull. of the Seismol. Soc. of America. Sep. 1915. Vol. 5. Número 3.

Prof. F. Omori. — Eruptions and Earthquakes of the Asama-Yama. — Imp. Earthq. Invest. Comm. of Japan. Tomo VI.

Ingeniero Valentín Gama.—Anuario del Obs. Astr. Nac. Año de 1915. Tacubaya.

Prof. Emilio Oddone.—Gli Elementi Fisio. del Grande Terremoto Mariscano-Fucense del 13 gennaio 1915. Modena.

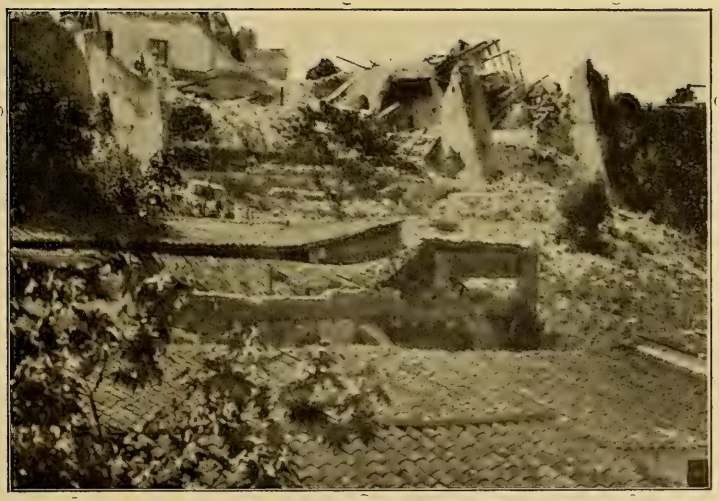
H. Camacho.—Estudio Hidrológico del Valle de Morelia, Mich. (En prensa.)

El Pico de Orizaba. Vista tomada desde San Andrés Chalchicomula, Pue.

El Pico de Orizaba. Vista tomada desde "La Cueva." Falda occidental del volcán.

Vista general de Jalapa, Ver. En el fondo el cono basáltico del Matlacuiltepetl.

Fotografía número 1.—Vista de Cosautlán, Ver., (destruído), tomada desde el camino de Teocelo a esta población.



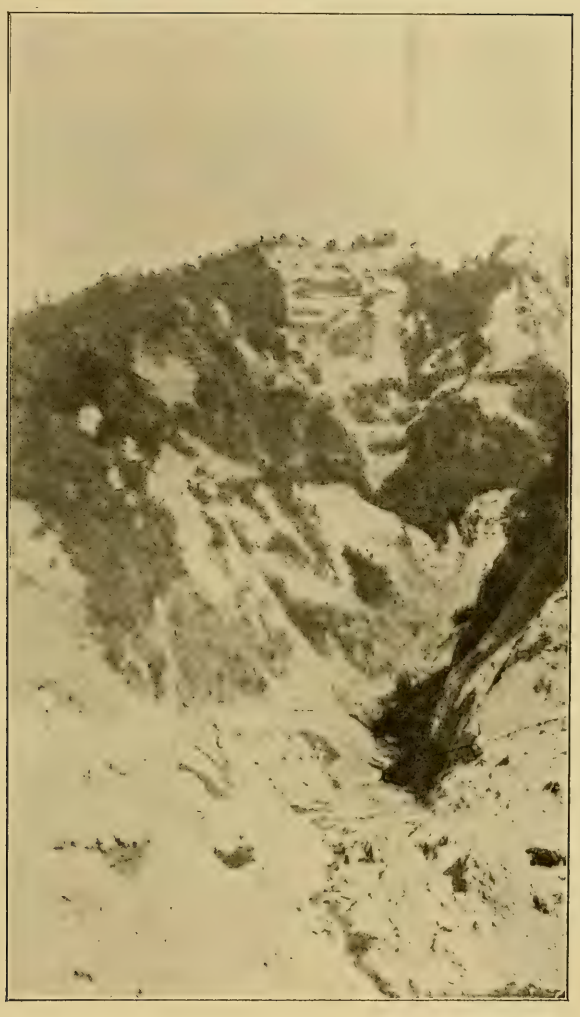
Fotografía número 2.—Destrucciones en la parte alta de Cosautlán, Ver.

Fotografía número 1.—Sierra de Ocotene, desde El Espinazo del Diablo. Abajo se ve el Cerro de los Platos.

Fotografía número 2.—Borde de una de las fallas que limitan por el Norte el Valle de Patlanalá, en el Cerro de Tepehícan.

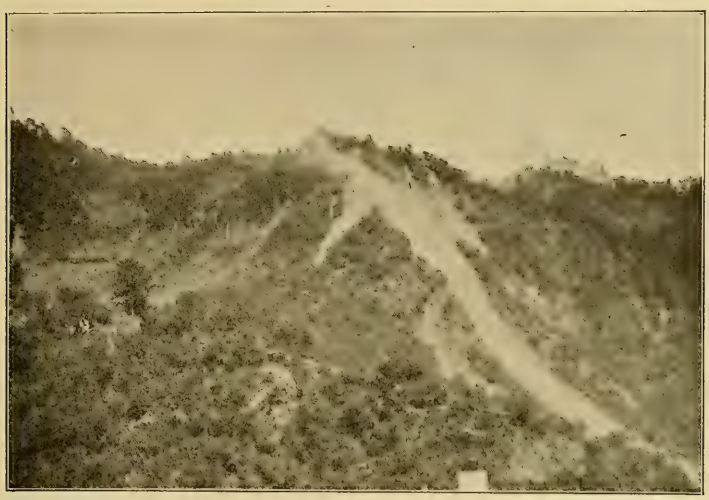
Fotografía número 1.—Valle de Patlanalá, Pue., visto desde el oriente. La fotografía demuestra los derrumbes efectuados por el temblor del 3 de enero de 1920, en los cerros que limitan el valle.

Fotografía número 2.—El cerro de Tepehícan y la laguna de Patlanalá al pie del cerro.



Barranca de Acuitlatipa. En la que se originó la principal avenida de lodo que destruyó las congregaciones de los alrededores de Patlanalá, Pue.

Detalle del fondo de la barranca de Acuitlatipa, que muestra el origen y espesor de las avenidas de lodo.



Fotografía número 1.—Derrumbe en la cima del Cerro Colorado que limita el Valle de Patlanalá por el Norte. Se nota en la fotografía una ligera nube de polvo producida por la caída de una piedra.

Fotografía número 2.—Campamento de la primera comisión en Patlanalá. En el fondo se ve un derrumbe.

Fotografía número 1.—El Pico de Orizaba (Citlaltepetl), visto desde Patlanalá, Pue. En los cerros cercanos se ven los derrumbes de sus flancos.

Fotografía número 2.—Valle del Río Pescados con la sierra de Ocotenic (Ocotene) a la izquierda. Vista tomada desde "La Mojonera," en los alrededores de Patlanalá.

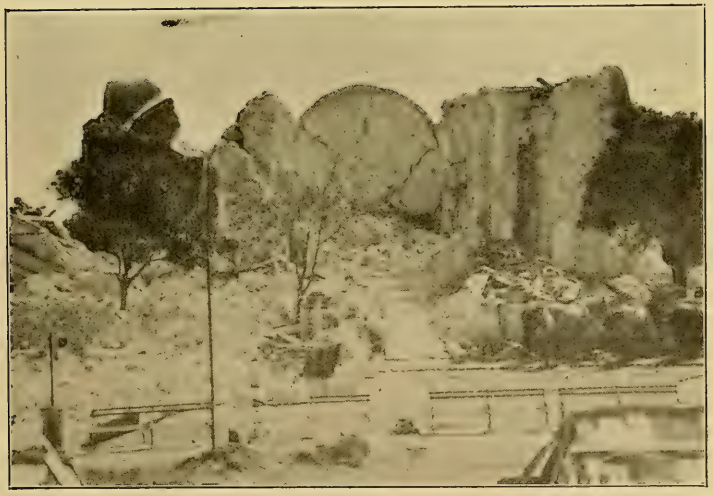
Fotografía número 1.—Cosautlán, Ver. Destrucciones en el costado norte de la plaza.

Fotografía número 2.—Cosautlán, Ver. Destrucciones en el lado W. de la plaza. En el fondo se ve El Cofre de Perote.

Fotografía número 1.—Cosautlán, Ver. Casas destruídas, situadas detrás del templo de esa población.

Fotografía número 2.—Cosautlán, Ver. Destrucciones en el costado norte del templo.

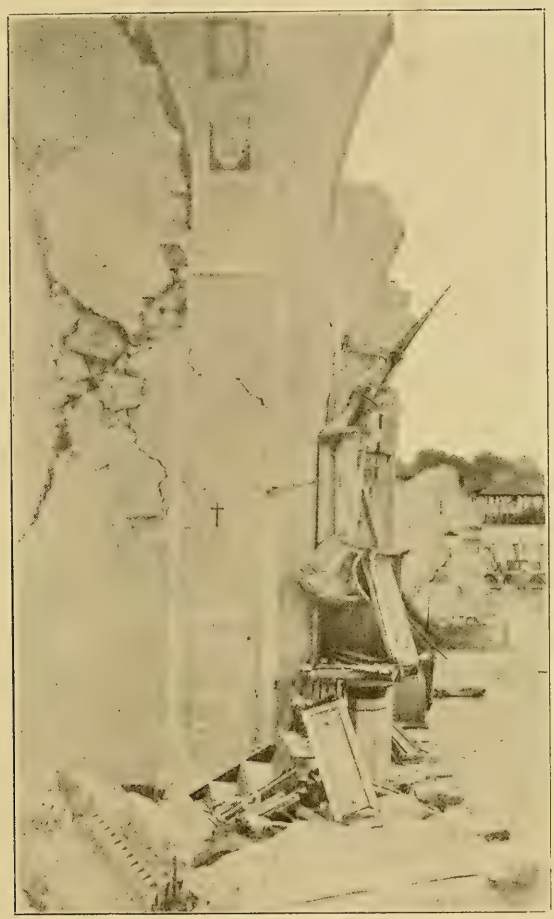
Fotografía número 1.—Torre del templo de Cosautlán, Ver., caída al NW.



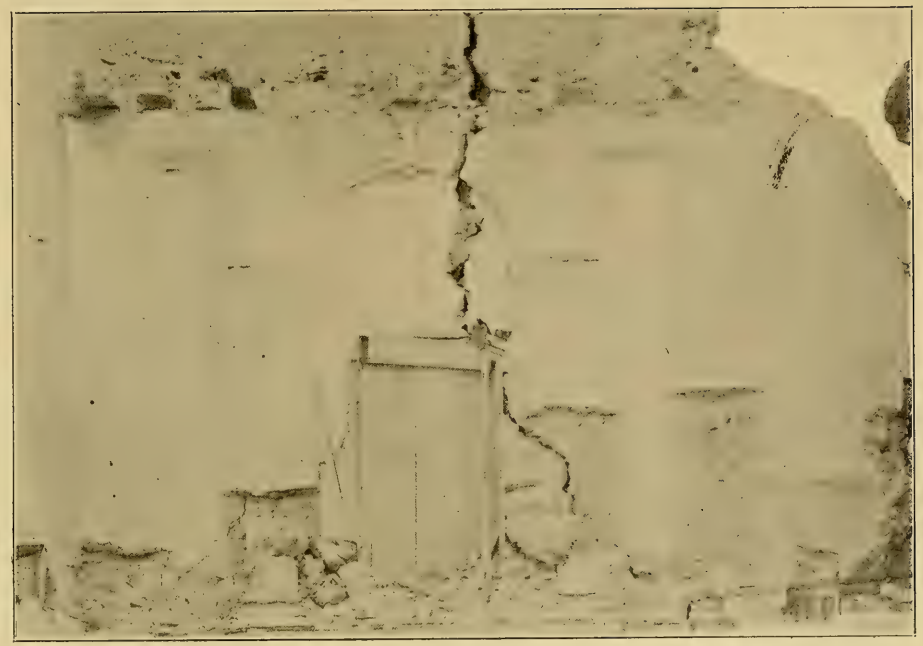
Fotografía número 2.—Iglesia destruída en Cosautlán, Ver. El muro del fondo estaba orientado NE.-SW.

Fotografía número 1.—Altar mayor de la iglesia de Cosautlán, Ver. Destruído.

Fotografía número 2.—Muro cuarteado de la iglesia de Cosautlán, Ver.
(Orientado de NE. a SW.)



Fotografía número 1.—Pilar cuarteado del templo de Cosautlán, Ver.



Fotografía número 2.—Altar mayor de la iglesia de Cosautlán, Ver.—Destruído.

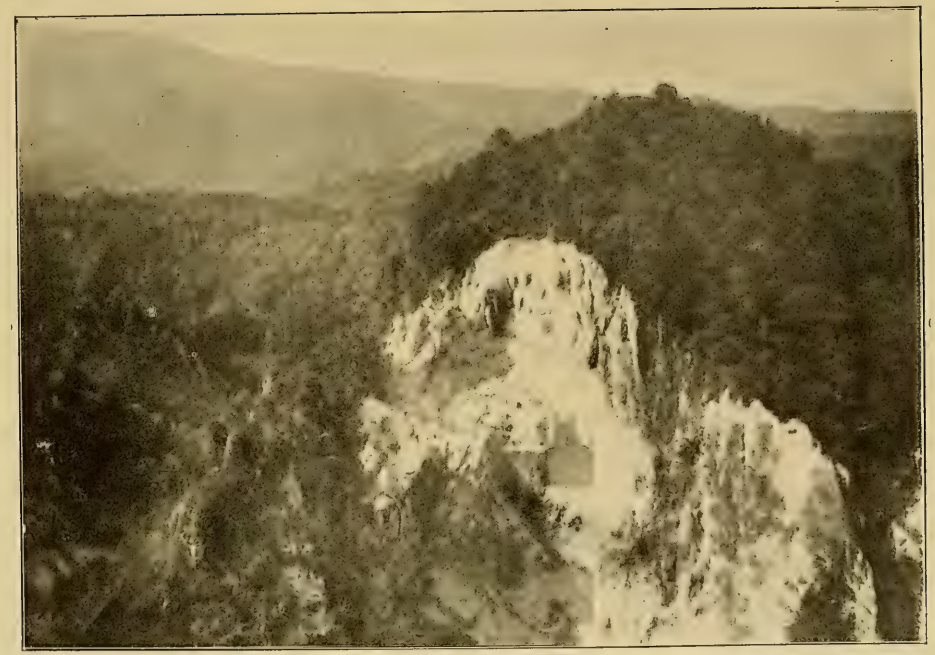
Fotografía número 1.—Altar sur de la iglesia de Cosautlán, Ver. (Parte superior.)

Fotografía número 2.—Altar sur de la iglesia de Cosautlán, Ver. (Parte inferior.)

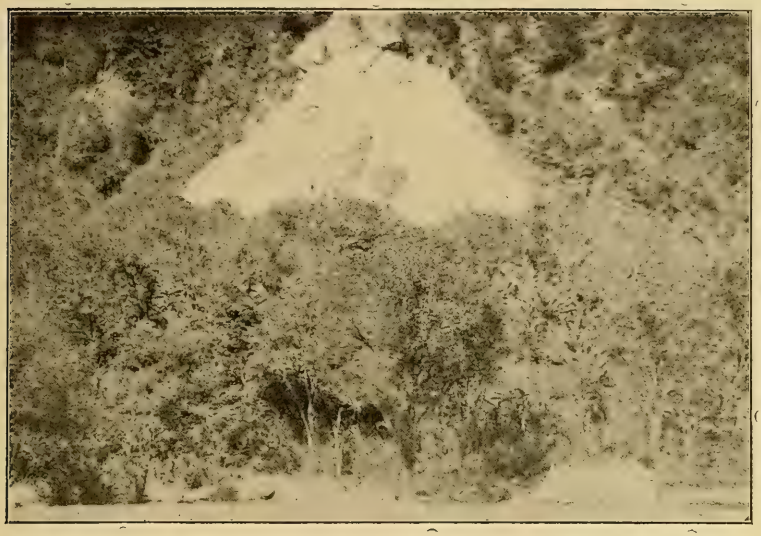
Fotografía número 1.—Templo de Teocelo, Ver. Altar mayor destruído.

Fotografía número 2.—Pilastra y balaustres de piedra artificial movidos en el altar mayor del templo de Teocelo, Ver. (Rotación aparente.)

Fotografía número 1.—Busto de Hidalgo, movido sobre su pedestal. Plaza de Teocelo, Ver. (Rotación aparente.)



Fotografía número 2.—Derrumbe del Cerro de Tlatetela, en los alrededores de Barranca Grande, Ver.



Fotografía número 1.—Derrumbe en un cerro de los alrededores de Barranca Grande, Ver.

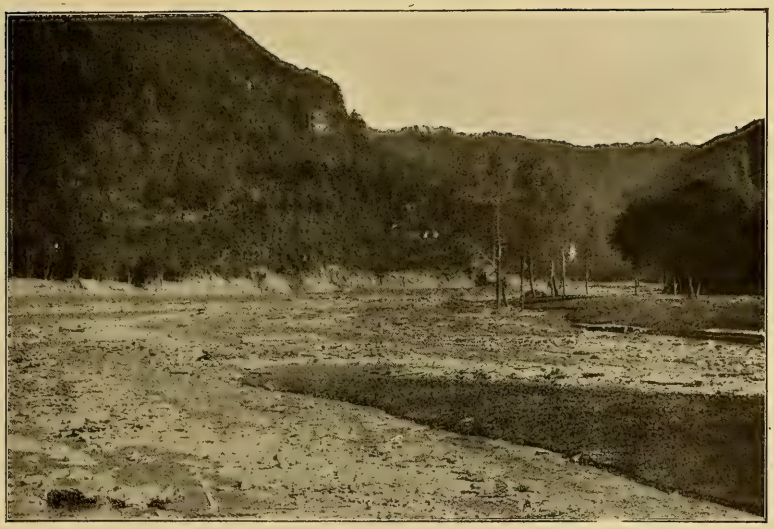
Fotografía número 2.—La Sierra de Ocotenic u Ocotene, vista desde Cosautlán, Ver.

Fotografía número 1.—Derrumbe y vegetación destruída por el terremoto en el camino de Cosautlán, Ver., a Patlanalá, Pue.

Fotografía número 2.—Iglesia destruída de Patlanalá, Pue. En el fondo se ve un derrumbe.

Fotografía número 1.—Vista general de lo que fué el caserío de Barranca Grande, Ver. En el fondo se ve una de las pocas casas que no fueron cubiertas por el lodo. (Fotografía tomada desde el NW.)

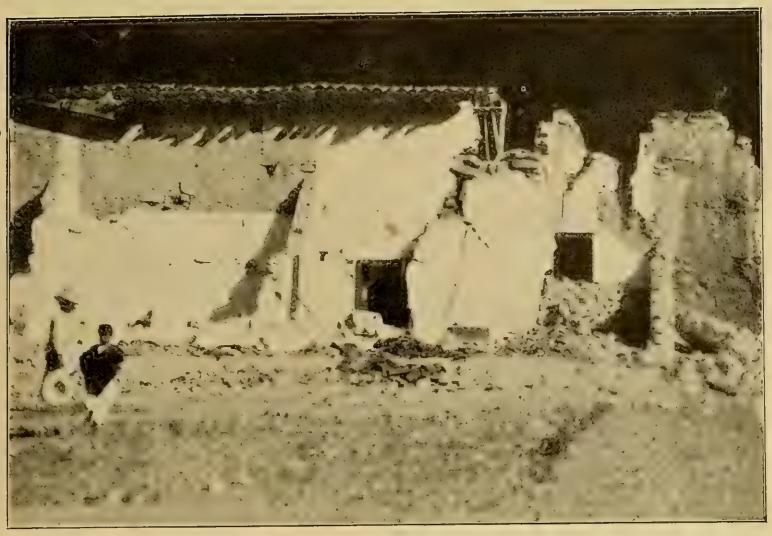
Fotografía número 2.—Parte de la avenida de lodo que ocupó el lecho del Río Pescados en los alrededores de Barranca Grande, Ver.



Fotografía número 1.—Lecho del Río Pescados, ocupado por una avenida de lodo, en los alrededores de Barranca Grande, Ver. Vista tomada desde el SE.

Fotografía número 2 —Borde de una avenida de lodo, en los alrededores de Barranca Grande, Ver.

Casa cubierta por la avenida de lodo en la Congregación de Barranca Grande, Ver.



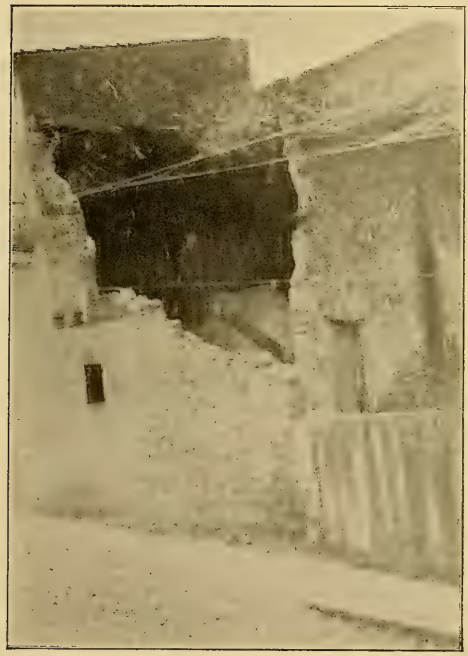
Fotografía número 1.—Exterior de la iglesia de Patlanalá, Pue. Destruída.

Fotografía número 2.—Interior de la iglesia de Patlanalá, Pue. Destruída.

Fotografía número 1.—Cosautlán, Ver. Destrucciones alrededor de la Plaza.

Fotografía número 2.—Plaza, kiosco y barracas construídas después del terremoto, en Cosautlán, Ver., para abrigo de los habitantes.

Fotografía número 1.—Casas destruídas en los costados de la Plaza de Teocelo, Ver. (Parte alta de la ciudad.)



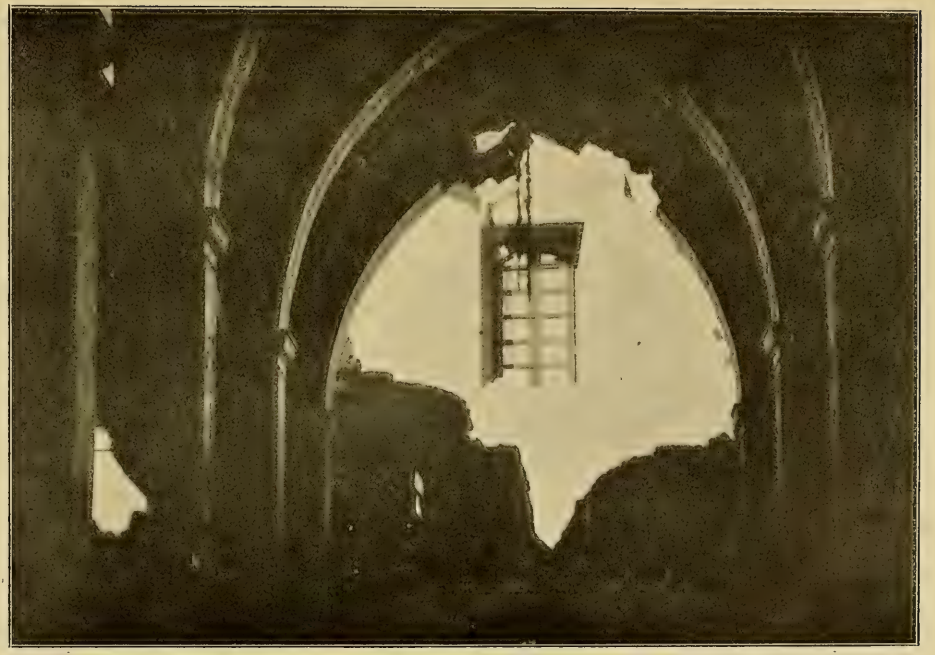
Fotografía número 2.—Teocelo, Ver. Casa destruída en la calle que conduce de la estación del Ferrocarril de Jalapa a la plaza de Teocelo.

Fotografía número 1.—Templo de Teocelo, Ver., y casas de sus cercanías

Fotografía número 2.—Teocelo, Ver. Destrucciones al Sur del templo. En la parte derecha de la fotografía se ve el monumento a Hidalgo.

Fotografía número 1.—Torre destruída del templo de Teocelo, Ver.

Fotografía número 2.—La torre del templo de Teocelo, Ver. Vista desde el SE.



Fotografía número 1.—La nave central de la iglesia de Teocelo, Ver. Vista desde el altar mayor.

Fotografía número 2.—Nave lateral norte del templo de Teocelo, Ver.

Fotografía número 1.—Nave lateral sur del templo de Teocelo, Ver.

Fotografía número 2.—Jalapa, Ver. Casas apuntaladas en la calle de Enríquez. En el fondo se ve la cima del Cofre de Perote.

Fotografía número 1.—Aspecto de algunas construcciones en la calle de Enríquez, de la ciudad de Jalapa, Ver.

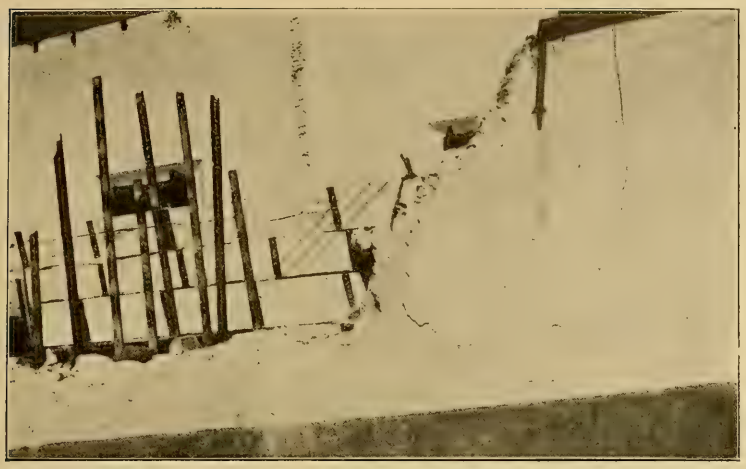
Fotografía número 2.—Otro aspecto de la calle de Enríquez, Jalapa, Ver.

Fotografía número 1.—La calle de Enríquez, en la ciudad de Jalapa, Ver.

Fotografía número 2.—La calle de Enríquez, en la ciudad de Jalapa, Ver.

Fotografía número 1.—Casa destruída en la 4.ª de Allende, Jalapa, Ver.

Fotografía número 2.—Casa destruída en la 2.ª de Leona Vicario, Jalapa, Ver.



Fotografía número 3.—Otro aspecto de la casa de la 4.ª de Allende, Jalapa, Ver.

Fotografía número 4.—Casas destruídas en la calle de Leona Vicario, Jalapa, Ver.

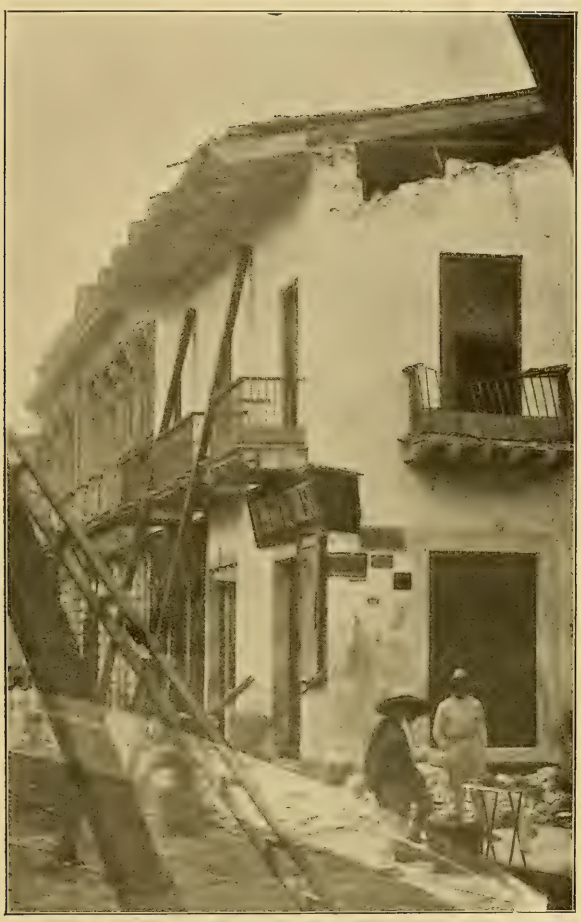
Fotografía número 1.—La fachada de la catedral de Jalapa, Ver.

Fotografía número 2.—La iglesia del Calvario, Jalapa, Ver. (Cuarteada.)

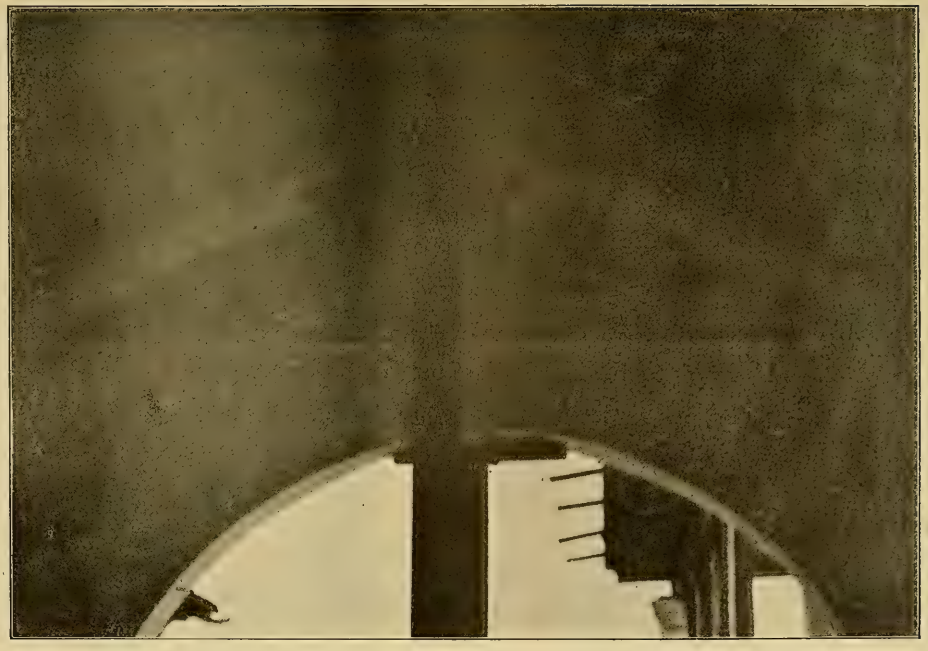
Fotografía número 3.—Templo abandonado de "Los Corazones," Jalapa, Ver.

Fotografía número 1.—Fachada de la casa situada en la esquina de la 11.ª calle de Zamora y de la calle de Alba, Jalapa, Ver.

Fotografía número 2.—Detalle de las destrucciones en la fachada de la casa situada en la esquina de la 11.ª calle de Zamora y de la calle de Alba, Jalapa, Ver.



Fotografía número 1.—Conjunto de las destrucciones en la esquina de la 11.ª calle de Zamora y de la calle de Alba, Jalapa, Ver.



Fotografía número 2.—Destrucción de las claves de los arcos de mampostería en el interior de la casa de la esquina de la 11.ª de Zamora y Alba, Jalapa, Ver.

Fotografías números 1 y 2.—Detalles del interior de la casa situada en la esquina de la 11.ª de Zamora y Alba, Jalapa, Ver.

Fotografía número 1.—Casa de la cantina "La Favorita," Jalapa, Ver. La casa está agrietada en su interior.

Fotografía número 2.—Casa destruída en la esquina de las calles 1.ª de Záyago y 5.ª de Clavijero, Jalapa, Ver.

Fotografía número 1.—El Cofre de Perote, visto desde Jalapa, Ver.

Fotografía número 2.—Otra vista del Cofre de Perote.

Fotografía número 1.—El Pico de Orizaba o Citlaltepetl, visto desde Paso del Macho, Ver.

Fotografía número 2.—El Pico de Orizaba o Citlaltepetl, visto desde Jalapa, Ver.

PERFILES ESQUEMATICOS
DEL TERRENO ENTRE
BARRANCA GRANDE Y PATLANALA
ESCALA — 1:20000

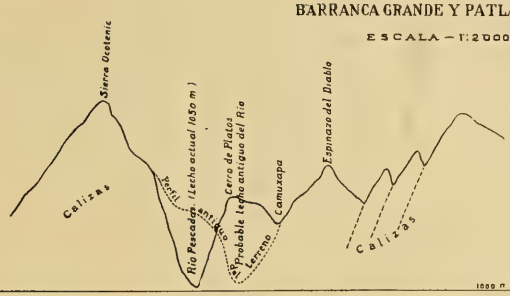


Fig. Nº 1

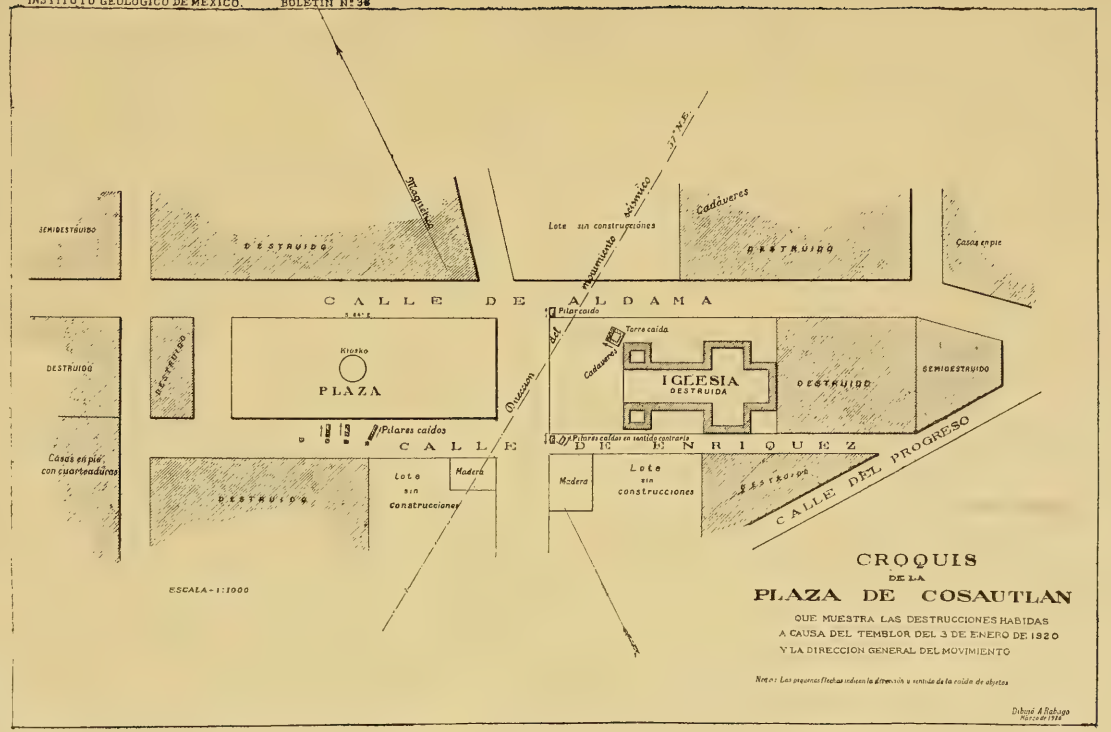
Fig. Nº 2

Fig. Nº 3.

Dibujó A. Rabago
Marzo de 1931

Cerritos
Tuxpan
Irapuato
Celaya
Acámbaro
Tulancingo
Zacatlán
Tetela
El Oro
Pátzcuaro
Teotihuacán
Jalapa
Tacubaya
Tlaxcala
Veracruz
Toluca
Cholula
Amecameca
Puebla
Coscomatepec
Cuernavaca
Orizaba
Cordoba
Cuautla
Tecamachalco
Zongolica
Tlacotalpan
Rio de las Balsas
Taxco
Iguala
Tehuacán
S. Gerónimo
Teotitlán
Cuicatlán
Minimanguillo
Chilpancingo
Tlaxiaco
Tecpan
Oaxaca
Acapulco
Tehuantepec
Salina Cruz
Juquila
Lugares en que fué sentido el terremoto
Límite del area macrosísmica
ESCALA — 1:5000000
Dibujó A. Rábago
Marzo de 1921

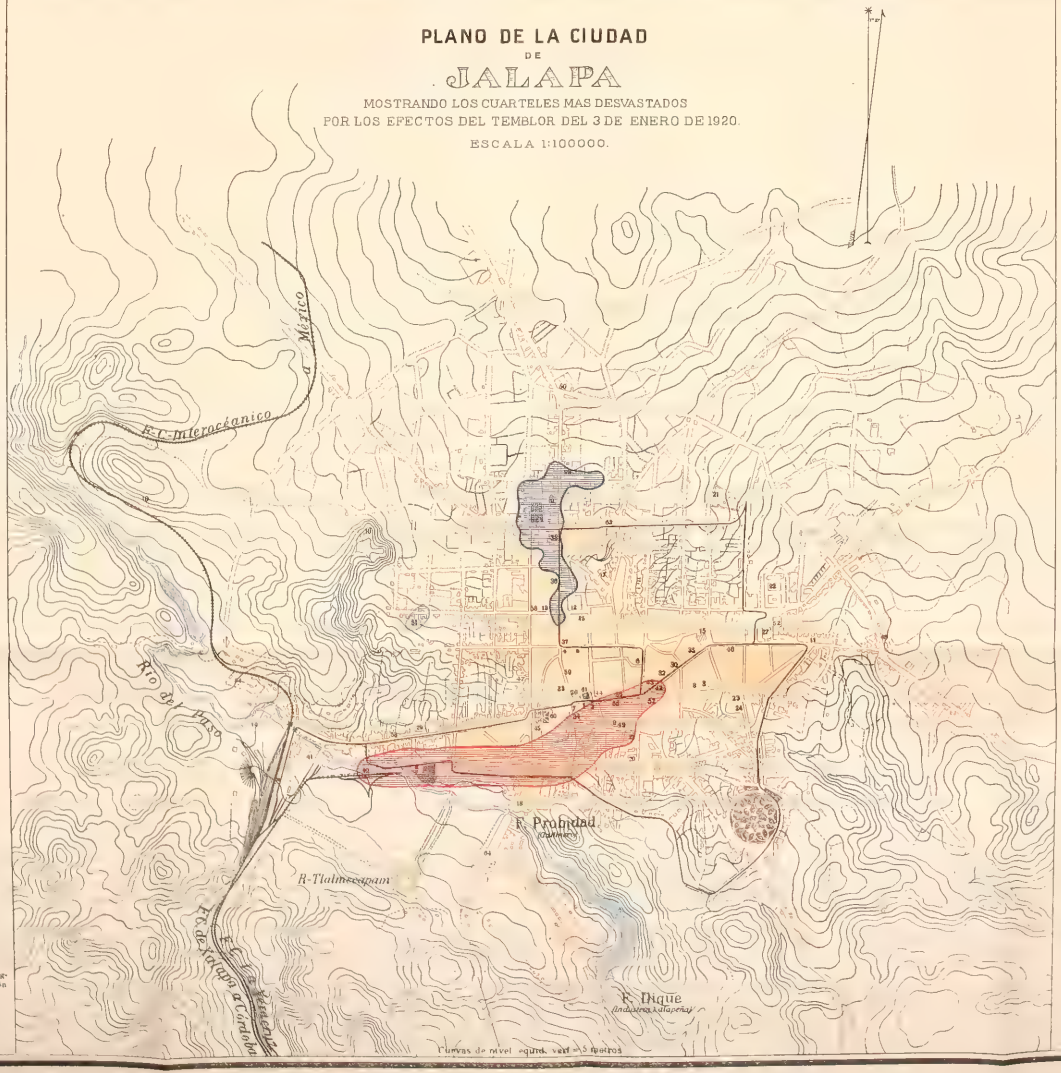
INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO. BOLETIN Nº 36



PLANO DE LA CIUDAD DE JALAPA

MOSTRANDO LOS CUARTELES MAS DESVASTADOS
POR LOS EFECTOS DEL TEMBLOR DEL 3 DE ENERO DE 1920.

ESCALA 1:100000.



(Zona de destrucción máxima.
) " " " mínima.
○ Derrumbes.
+ Cuarteadura.

Edificios y Dependencias del Estado.

+ 1 Palacio del Gobierno.
○ 2 " de Justicia.
3 Escuela Normal.
+ 4 Colegio Preparatorio.
5 Instituto Electrotécnico.
6 Escuela Superior de Niñas.*

Edificios y Dependencias del Municipio.

7 Palacio Cantonal.
8 Escuela Cantonal.
9 " Municipal de Niñas núm. 1.°
10 " " " " " 2.°
11 " " " " " 3.°
12 Mercado Jáuregui.
13 Carnicería Jáuregui.
14 Rastro de Ciudad.
15 Lavaderos Públicos de Techazapa.
16 " " del Chorro de San Pedro
17 " " de Jalitlá.
18 " " del Dique.
19 " " del Paso.
○ 20 Hospitales.
21 Cementerio.

Edificios y Oficinas Nacionales.

| 22 Cuartel de San José.
+ 23 " Grande del Veintiario.
+ 24 " Chico " "
25 Comisión Geográfico Exploradora
| 26 Catedral (Templo Católico.)
27 San José " "
○ 28 El Calvario " "
29 Santiago " "
30 Administración de Correos.*
31 " del Timbre.*
32 Telégrafo Federal.*

Edificios e Instituciones Particulares.

33 Telégrafos del Estado.*
34 Teléfonos del Estado.*
35 Escuela de Boys.
○ 36 Seminario Conciliar.*
37 Palacio Episcopal.*
○ 38 Misión Presbiteriana.
39 Estación del Ferrocarril Interoceánico.
| 40 " " " de Xalapa a Córdoba
41 Depósito de Tranvías.
42 Administración del Ferrocarril Urbano.*
43 Gran Hotel.
44 Hotel México.
○ 45 Hotel Juárez.*
46 Asilo Sáyago.
47 " Luis Herrera.
48 Capilla de la Piedad.
49 El Beaterio (Templo Católico.)
+ 50 Capilla de la Cruz.
○ 51 Capilla de las Ursamas (en construcción.)
52 Fábrica de Tabacos "Valle Nacional."
53 " " " "La Perla."*
54 Cervecería "La Estrella."
55 Sucursal del Banco Mercantil de Veracruz.*
○ 56 Agencia del Banco Nacional.*

Lugares de Recreo.

+ 57 Casino Xalapeño.
+ 58 Teatro Cano.
+ 59 Teatro Limón.

Paseos.

60 Parque Juárez.
61 " Lerdo.
62 " Hidalgo.
63 " Galeana (en construcción.)
64 Paseo del Dique

NOTA.—Las Instituciones y Oficinas marcadas con este signo (*) no poseen edificios propios; por lo tanto, su localización en la Ciudad es variable.

CIUDAD XALAPA - ENRIQUEZ

COORDENADAS GEOGRAFICAS

Latitud N. 19° 31' 35". Longitud 2° 18' 02" E. respecto del meridiano que pasa por la cruz de la torre E. de la Catedral de México. Altitud 1461m8 del índice del barómetro. Plano de comparación a 1429m3 sobre el nivel del mar. Nivel del atrio de Catedral al pie de la torre 1427m2 sobre el nivel del mar.

DATOS METEOROLOGICOS

(Tomados del Observatorio de la Comisión Geográfico-Exploradora)

PROMEDIOS DE 1896 a 1900

Presión barom. media *(a 0° de temp.)*	646mm 55
Temperatura media *(a la sombra)*	17° 90
" máxima (")	21° 50
" mínima (")	14° 40
" máxima maximórum *(a la sombra)* 13 y 31 de mayo de 1897	31° 60
Temperatura mínima minimórum *(a la sombra)* 14 de febrero de 1899	1° 50
Tensión media del vapor de agua en la atmósfera	12mm 45
Humedad relativa por 100	80 87
Agua recogida en 5 años	12m 52.44
" " máxima en 1889	3 42.67
" " mínima en 1897	1m 6352
" " *(término medio por año)*	2. 5244
Días de lluvia (" " ")	140
Nublados (" " ")	237
Nubes dominantes	Stráto Cúmulos
Viento dominante	N
Viento dominante	N y E
Velocidad media por segundo	3m 9
" máxima	N 6
" mínima	O 3

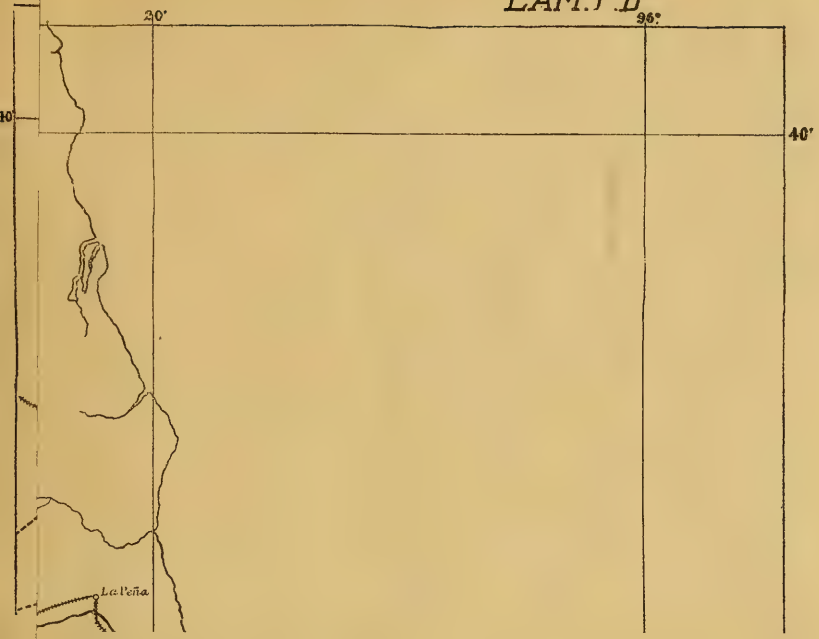
NOTA. Los últimos datos de vientos, son los promedios del 1° de enero de 1905 al 31 de diciembre de 1909 por cálculos por el Observatorio Meteorológico del Estado

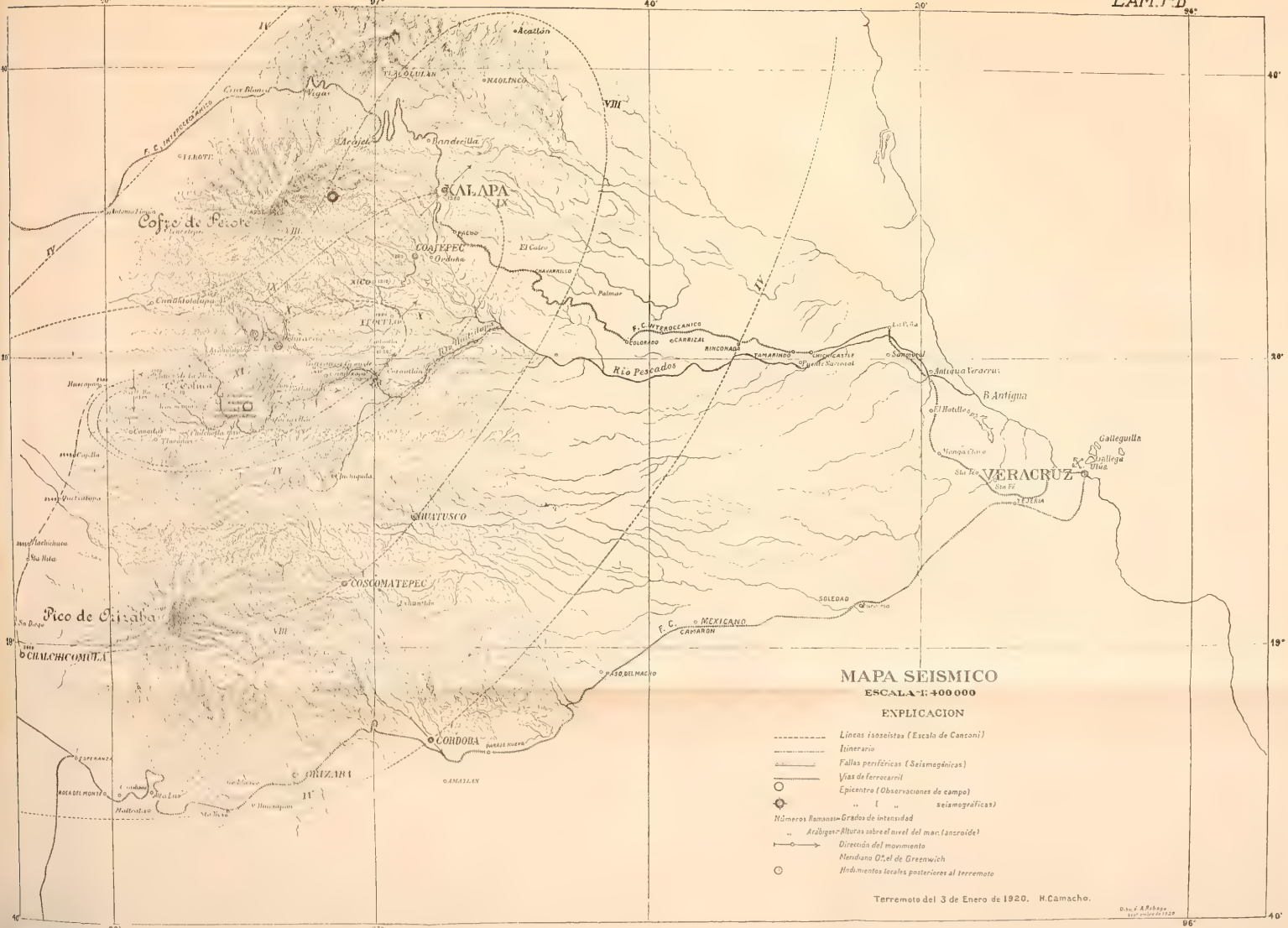
Signos convencionales

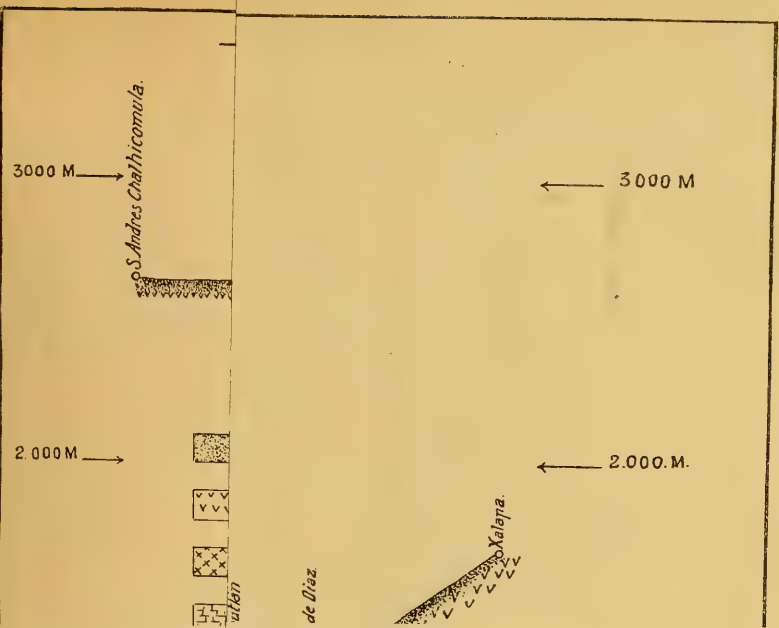
Construcción de mampostería
Puente de mampostería...
Puente de hierro..
Cerca de alambre.
Cerca de piedra.....
Cerca de madera o ramas
Camino nacional...
Camino carretero...
Camino de terracería
Vereda
Ferrocarril vía angosta..
Ferrocarril urbano

TALLERES GRAFICOS DE LA NACION.

LAM. I-B




MAPA SEISMICO
ESCALA 1:400 000
EXPLICACION
Líneas isosísmicas (Escala de Cancani)
Itinerario
Fallas periféricas (Sismogénicas)
Vías de ferrocarril
Epicentro (Observaciones de campo)
" (" sismográficas)
Números Romanos=Grados de intensidad
" Arábigos=Alturas sobre el nivel del mar (anaroide)
Dirección del movimiento
Meridiano O. del de Greenwich
Hundimientos locales posteriores al terremoto
Terremoto del 3 de Enero de 1920. H. Camacho.
CALAPA
COATEPEC
XICO
Cofre de Perote
Pico de Orizaba
CHALCHICOMULA
SHUTUSCO
COSCOMATEPEC
ORIZABA
CORDOBA
VERACRUZ
Antigua Veracruz
B. Antigua
Gallegulla
Rio Pescados
F. C. INTEROCEANICO
F. C. MEXICANO
Acatlan
Tlaxcala
Tenoti
Tlacolulan
Naolinco
Banderilla
Coatepec
Xico
Tlacotalpan
Huatusco
Cosoleacaque
Tuxtla
Tehuacan
Puebla
Orizaba
Cordoba
Veracruz
Tampico
Mexico
Colorado
Carrizal
Rinconada
Tamarindo
Chico Castle
Puente Nacional
Sumidero
Palmar
Navarrillo
El Coleo
Paso del Macho
Soledad
Camaron
Esperanza
Boca del Monte
Amatlan
Tlacotalpan
Huatusco
Tehuacan
Tuxtla
Tampico
Mexico
Veracruz
Puebla
Orizaba
Cordoba
Tlaxcala
Tenoti
Tlacolulan
Naolinco
Banderilla
Coatepec
Xico
Tlacotalpan
Huatusco
Cosoleacaque
Tuxtla
Tehuacan
Puebla
Orizaba
Cordoba
Veracruz
Tampico
Mexico
Colorado
Carrizal
Rinconada
Tamarindo
Chico Castle
Puente Nacional
Sumidero
Palmar
Navarrillo
El Coleo
Paso del Macho
Soledad
Camaron
Esperanza
Boca del Monte
Amatlan
Tlacotalpan
Huatusco
Tehuacan
Tuxtla
Tampico
Mexico
Veracruz
Puebla
Orizaba
Cordoba
Tlaxcala
Tenoti
Tlacolulan
Naolinco
Banderilla
Coatepec
Xico
Tlacotalpan
Huatusco
Cosoleacaque
Tuxtla
Tehuacan
Puebla
Orizaba
Cordoba
Veracruz
Tampico
Mexico
Colorado
Carrizal
Rinconada
Tamarindo
Chico Castle
Puente Nacional
Sumidero
Palmar
Navarrillo
El Coleo
Paso del Macho
Soledad
Camaron
Esperanza
Boca del Monte
Amatlan
Tlacotalpan
Huatusco
Tehuacan
Tuxtla
Tampico
Mexico
Veracruz
Puebla
Orizaba
Cordoba
Tlaxcala
Tenoti
Tlacolulan
Naolinco
Banderilla
Coatepec
Xico
Tlacotalpan
Huatusco
Cosoleacaque
Tuxtla
Tehuacan
Puebla
Orizaba
Cordoba
Veracruz
Tampico
Mexico
Colorado
Carrizal
Rinconada
Tamarindo
Chico Castle
Puente Nacional
Sumidero
Palmar
Navarrillo
El Coleo
Paso del Macho
Soledad
Camaron
Esperanza
Boca del Monte
Amatlan
Tlacotalpan
Huatusco
Tehuacan
Tuxtla
Tampico
Mexico
Veracruz
Puebla
Orizaba
Cordoba
Tlaxcala
Tenoti
Tlacolulan
Naolinco
Banderilla
Coatepec
Xico
Tlacotalpan
Huatusco
Cosoleacaque
Tuxtla
Tehuacan
Puebla
Orizaba
Cordoba
Veracruz
Tampico
Mexico
Colorado
Carrizal
Rinconada
Tamarindo
Chico Castle
Puente Nacional
Sumidero
Palmar
Navarrillo
El Coleo
Paso del Macho
Soledad
Camaron
Esperanza
Boca del Monte
Amatlan
Tlacotalpan
Huatusco
Tehuacan
Tuxtla
Tampico
Mexico
Veracruz
Puebla
Orizaba
Cordoba
Tlaxcala
Tenoti
Tlacolulan
Naolinco
Banderilla
Coatepec
Xico
Tlacotalpan
Huatusco
Cosoleacaque
Tuxtla
Tehuacan
Puebla
Orizaba
Cordoba
Veracruz
Tampico
Mexico
Colorado
Carrizal
Rinconada
Tamarindo
Chico Castle
Puente Nacional
Sumidero
Palmar
Navarrillo
El Coleo
Paso del Macho
Soledad
Camaron
Esperanza
Boca del Monte
Amatlan
Tlacotalpan
Huatusco
Tehuacan
Tuxtla
Tampico
Mexico
Veracruz
Puebla
Orizaba
Cordoba
Tlaxcala
Tenoti
Tlacolulan
Naolinco
Banderilla
Coatepec
Xico
Tlacotalpan
Huatusco
Cosoleacaque
Tuxtla
Tehuacan
Puebla
Orizaba
Cordoba
Veracruz
Tampico
Mexico
Colorado
Carrizal
Rinconada
Tamarindo
Chico Castle
Puente Nacional
Sumidero
Palmar
Navarrillo
El Coleo
Paso del Macho
Soledad
Camaron
Esperanza
Boca del Monte
Amatlan
Tlacotalpan
Huatusco
Tehuacan
Tuxtla
Tampico
Mexico
Veracruz
Puebla
Orizaba
Cordoba
Tlaxcala
Tenoti
Tlacolulan
Naolinco
Banderilla
Coatepec
Xico
Tlacotalpan
Huatusco
Cosoleacaque
Tuxtla
Tehuacan
Puebla
Orizaba
Cordoba
Veracruz
Tampico
Mexico
Colorado
Carrizal
Rinconada
Tamarindo
Chico Castle
Puente Nacional
Sumidero
Palmar
Navarrillo
El Coleo
Paso del Macho
Soledad
Camaron
Esperanza
Boca del Monte
Amatlan
Tlacotalpan
Huatusco
Tehuacan
Tuxtla
Tampico
Mexico
Veracruz
Puebla
Orizaba
Cordoba
Tlaxcala
Tenoti
Tlacolulan
Naolinco
Banderilla
Coatepec
Xico
Tlacotalpan
Huatusco
Cosoleacaque
Tuxtla
Tehuacan
Puebla
Orizaba
Cordoba
Veracruz
Tampico
Mexico
Colorado
Carrizal
Rinconada
Tamarindo
Chico Castle
Puente Nacional
Sumidero
Palmar
Navarrillo
El Coleo
Paso del Macho
Soledad
Camaron
Esperanza
Boca del Monte
Amatlan
Tlacotalpan
Huatusco
Tehuacan
Tuxtla
Tampico
Mexico
Veracruz
Puebla
Orizaba
Cordoba
Tlaxcala
Tenoti
Tlacolulan
Naolinco
Banderilla
Coatepec
Xico
Tlacotalpan
Huatusco
Cosoleacaque
Tuxtla
Tehuacan
Puebla
Orizaba
Cordoba
Veracruz
Tampico
Mexico
Colorado
Carrizal
Rinconada
Tamarindo
Chico Castle
Puente Nacional
Sumidero
Palmar
Navarrillo
El Coleo
Paso del Macho
Soledad
Camaron
Esperanza
Boca del Monte
Amatlan
Tlacotalpan
Huatusco
Tehuacan
Tuxtla
Tampico
Mexico
Veracruz
Puebla
Orizaba
Cordoba


3000 M
S. Andres Chalhicomula.
2.000 M
3000 M
2.000. M.
Xalapa.
de Diaz.
vilon

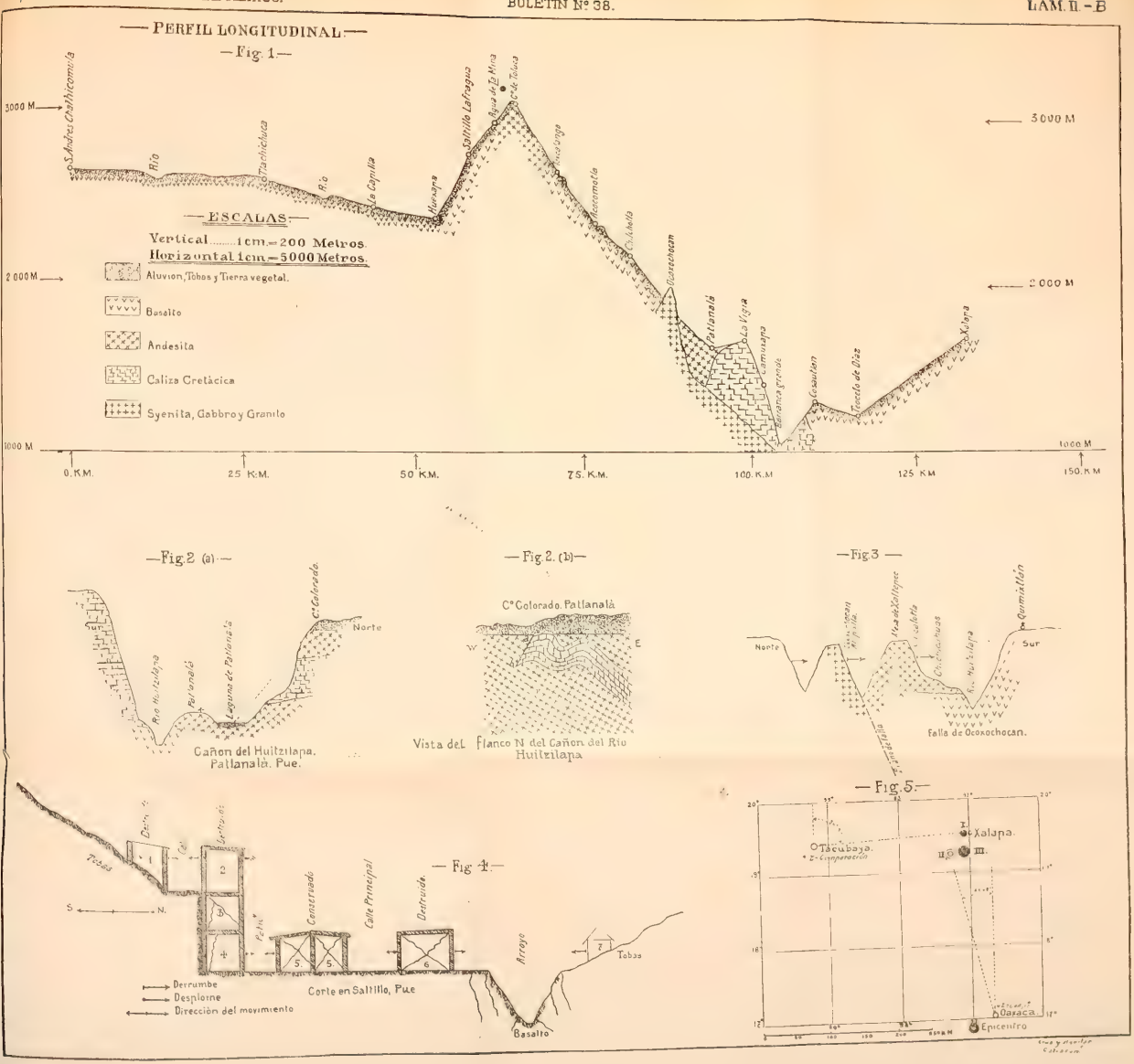
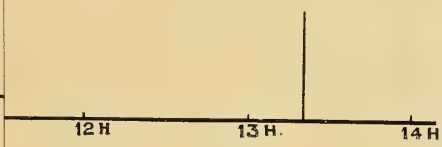

PERFIL LONGITUDINAL
Fig. 1
3000 M
2000 M
1000 M
Sabas Chalhicomila
Río
Tachichica
Río
La Capilla
Nieraga
Saltillo La Fragua
Agua de la Mina
C.to de Tobas
Río Singa
Acocomatla
Chichalta
Ocoxochocan
Patlanalá
La Vigia
Camuapa
Cosautlan
Tecolo de Díaz
Xalapa
0. K.M.
25 K.M.
50 K.M.
75. K.M.
100. K.M.
125 K.M.
150. K.M.
ESCALAS
Vertical ..... 1cm. = 200 Metros.
Horizontal 1cm. = 5000 Metros.
Aluvion, Tobas y Tierra vegetal.
Basalto
Andesita
Caliza Cretàcica
Syenita, Gabbro y Granito
Fig. 2 (a)
Sur
Norte
Río Huitzilapa
Patlanalá
Laguna de Patlanala
C.to Colorado.
Cañon del Huitzilapa.
Patlanalá. Pue.
Fig. 2. (b)
C.to Colorado. Patlanalá
W
E
Vista del Flanco N del Cañon del Rio Huitzilapa
Fig. 3
Norte
Sur
Río Huitzilapa
Falla de Ocoxochocan.
Fig. 4
Tobas
Derrumbe
Despiome
Dirección del movimiento
Corte en Saltillo, Pue
Cementado
Calle Principal
Destruido
Arroyo
Tobas
Basalto
Fig. 5
Tecubaja.
Xalapa.
Oaxaca.
Epicentro

FIG. 1.

FIG. 4.



M
00

LAM. III.

FIG. 4

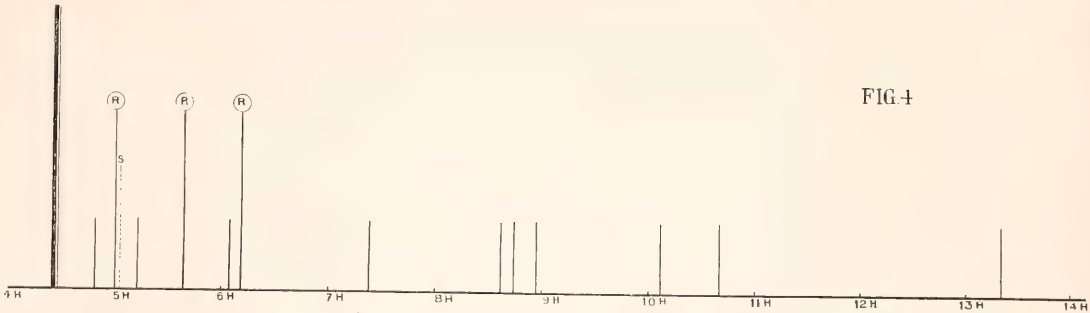


FIG. 1.

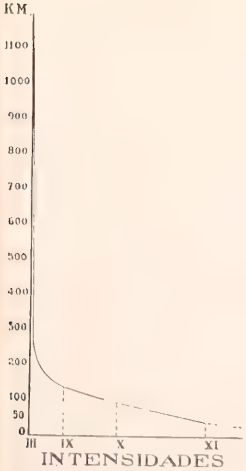
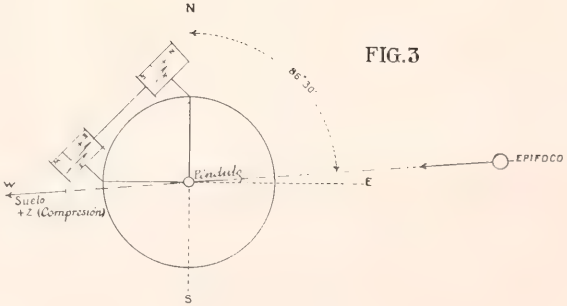


FIG. 2

FIG. 3



Fotografía número 1.—El Pico de Orizaba, visto desde San Andrés Chalchicomula, Pue.

Fotografía número 2.—El valle de Acocomotla Totolintla, escalón en la vertiente oriental del alineamiento orográfico "Cofre de Perote-Pico de Orizaba."

Fotografía número 1.—El Cañón del Río Huitzilapa, entre Quimixtla y Patlanalá, Pue., mostrando las huellas de la inundación de lodo que siguió al terremoto del 3 de enero.

Fotografía número 2.—El arroyo de Temascalapa, afluente del Huitzilapa, al NE. de Chilchotla. Encajonado en altos muros basálticos.

Fotografía número 1.—Cerro de Tlatlahuictépetl o Colorado, Patlanalá, Pue. "Cicatrices" producidas por los derrumbes de la montaña. Al pie, la Laguna de Patlanalá.

Fotografía número 2.—Cerro Colorado, y a la derecha el Tepehicán ("atrás del cerro"). Cámara afocada al NE., Patlanalá, Pue.

Fotografía número 1.—Ciudad de San Andrés Chalchicomula, Pue. Vista tomada desde el Este.

Fotografía número 2.—Iglesia de Guadalupe, San Andrés Chalchicomula. Fachada orientada al W. Fracturas en el costado sur de la torre sur.

Fotografía número 1.—Iglesia de Cosamaloapan, extremo oriental de la población de San Andrés Chalchicomula, Pue. Fachada al W.

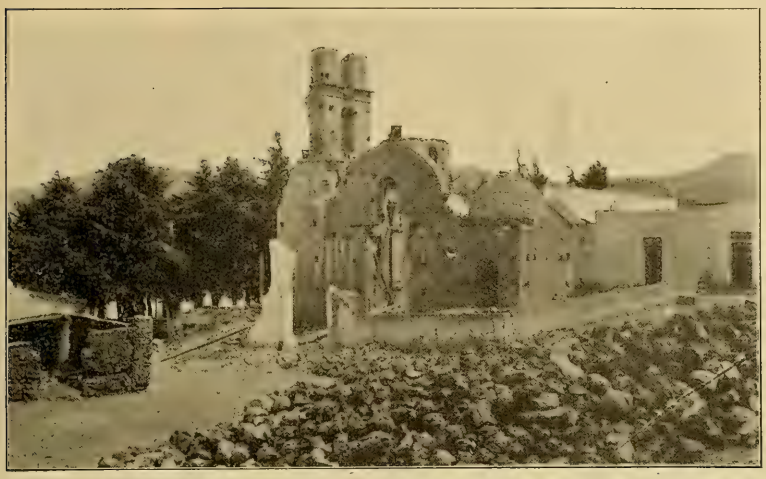
Fotografía número 2.—Saltillo Lafragua, Pue. Población edificada en una cañada. (Cámara al W.)

Fotografía número 1.—Calle de Saltillo Lafragua, orientada de E. a W. y un conjunto de construcciones "en retaje" que sufrieron menos que las edificadas en las laderas.

Fotografía número 2.—Casa del señor Rojí en Saltillo Lafragua. Fachada al S. Esquina SW. arruinada. Interior en completa ruina.

Fotografía número 1.—Caída de la cornisa de la fachada de la casa del señor Rojí al S., Saltillo Lafragua.

Fotografía número 2.—Detalle de la cornisa: altura, 1.50; espesor medio, 0.63; longitud, 18.00 metros. Distancia del centro de gravedad del block caído al muro, 1.70. Altura del muro, 5.00 metros.



Fotografía número 1.—Iglesia parroquial de Saltillo Lafragua y colegio de niñas. Fachada de la iglesia al W. Torre caída al NW. Pórtico del atrio caído al W.

Fotografía número 2.—Interior de la iglesia de Saltillo Lafragua.

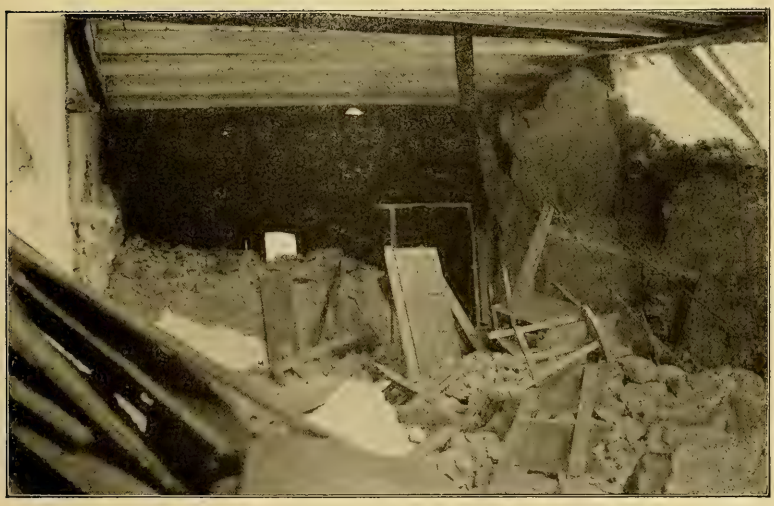
Fotografía número 1.—Casa de madera perfectamente conservada después del terremoto. Saltillo Lafragua.

Fotografía número 2.—Plaza de Chilchotla, Pue. A la derecha, ruinas de la Casa Municipal. Efectos de los derrumbes en las montañas que circundan la población. (Cámara al SW.)

Fotografía número 1.—Iglesia de Chilchotla, Pue. Fachada al W. Caída de la torre al NE.

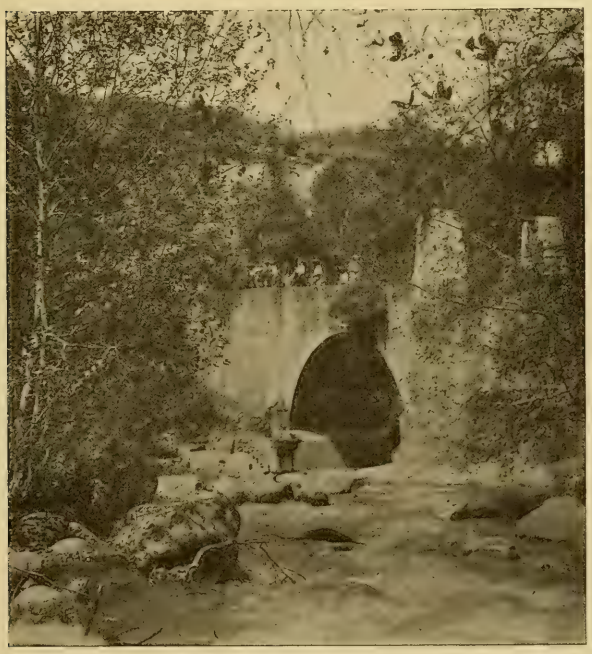
Fotografía número 2.—Muro posterior de la iglesia de Chilchotla, Pue. Caída de la parte alta del Ciprés al E.

Fotografía número 1.—Esquina SW. de la barda del atrio de la parroquia de Chilchotla, Pue.



Fotografía número 2.—Interior de la sacristía de la iglesia de Chilchotla, Pue.

Fotografía número 1.—Una calle de Chilchotla, Pue., orientada de N. a S.



Fotografía número 2.—Puente sobre el río Huitzilapa, al W. de Chilchotla, Pue. conservado en buen estado después del terremoto.

Fotografía número 1.—El valle de Patlanalá, Pue., visto desde el Oriente de la población de ese nombre.

Fotografía número 2.—Costado S. de la iglesia de Patlanalá, Pue. En el fondo, los derrumbes de las montañas.

Fotografía número 1.—Casa Municipal de Patlanalá, Pue., y esquina NW. del atrio de la parroquia. (Cámara al W.)

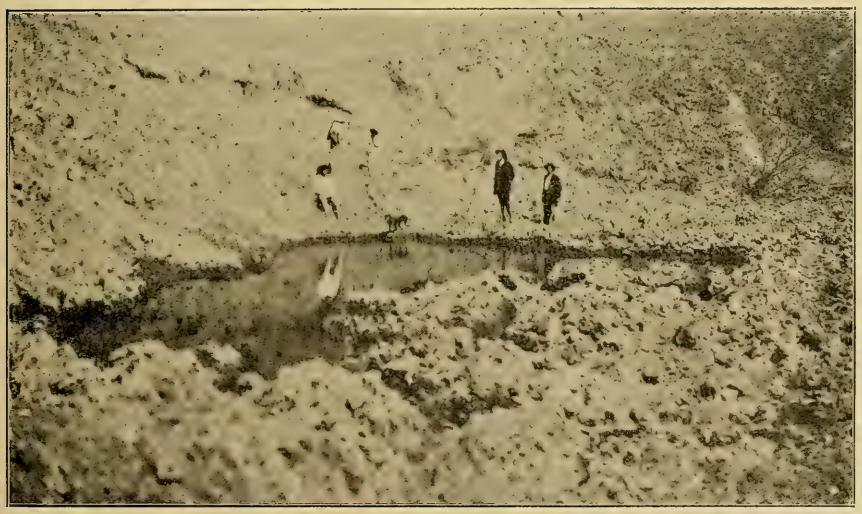
Fotografía número 2.—Ruinas en el costado W. de la plaza de Chilchotla, Pue. En el fondo, los derrumbes de las montañas.

Fotografía número 1.—Habitación destruída en la esquina SW. de la plaza de Patlanalá, Pue.

Fotografía número 2.—Calle Principal de Ayahualulco, Ver. (Cámara afocada al N.)

Fotografía número 1.—Grieta con desnivelamiento de los bordes en el cerro de Enmedio, Saltillo Lafragua, Pue. Rumbo medio EW.

Fotografía número 2.—Derrumbe del terreno blando en el cerro de "La Fundición," que descubrió el esqueleto basáltico de la montaña y provocó el alumbramiento de manantiales.



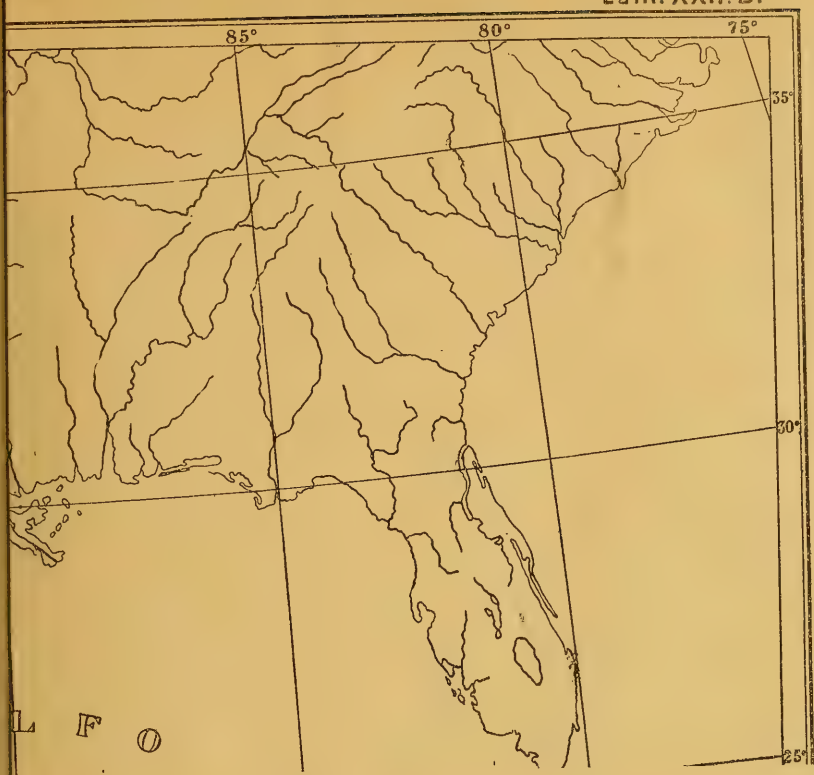
Fotografía número 3.—Aparición de manantiales e inundación de lodo en Chichicahuas, barrio de Chilchotla, Pue.

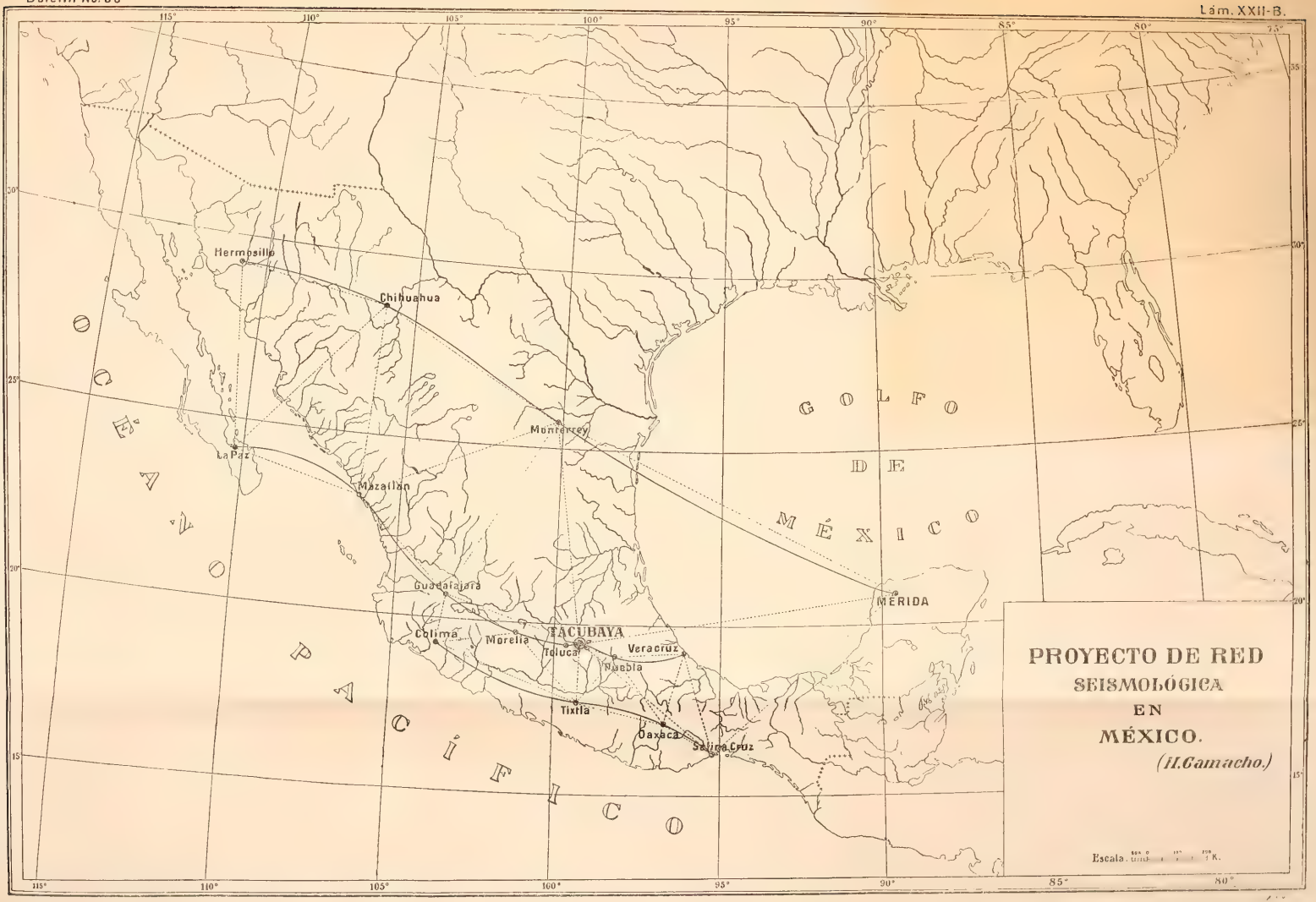
Derrumbe del material blando en el Cerro del Calvario, Chilchotla, Pue.; alumbramiento de las aguas subterráneas y formación de una ola de lodo.

Fotografía número 1.—Caseta de madera en la plaza de Patlanalá, Pue. (Desviada en conjunto al W.)

Fotografía número 2.—El bajo de la falla de Ocoxochocan (Syenita), situada al N. de Quimixtlán, Pue. Mostrando los enormes "Earth-slumps." Rumbo EW. Echado al S. Vista tomada desde la Meseta de Xaltepec.

Lám. XXII-B.




PROYECTO DE RED
SEISMOLÓGICA
EN
MÉXICO.
(H. Camacho.)
Escala.
GOLFO DE MÉXICO
OCÉANO PACÍFICO
Hermosillo
Chihuahua
Monterrey
La Paz
Mazatlán
Guadalajara
Colima
Morelia
TACUBAYA
Toluca
Veracruz
Puebla
Tixtla
Oaxaca
Salina Cruz
MÉRIDA
115°
110°
105°
100°
95°
90°
85°
80°
75°
35°
30°
25°
20°
15°

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN

* Número 1.—Fauna Fósil de la Sierra de Catorce, por los Ings. A. del Castillo y J. G. Aguilera.—1895.—56 págs., 21 láms.
* Número 2.—Las Rocas Eruptivas del SO. de la Cuenca de México, por el Ing. E. Ordóñez.—1895.—46 págs., 1 lám.
* Número 3.—La Geografía Física y la Geología de la Península de Yucatán, por el Dr. C. Sapper.—1896.—58 págs., 6 láms.
* Números 4, 5 y 6.—Bosquejo Geológico de México, por los ingenieros J. G. Aguilera y E. Ordóñez.—1897.—272 págs., 5 láms.
* Números 7, 8 y 9.—El Mineral de Pachuca, por los ingenieros J. G. Aguilera, E. Ordóñez y P. C. Sánchez.—1897.—184 págs., 14 láms.
* Número 10.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana, por R. Aguilar y Santillán.—1898.—158 págs.
* Número 11.—Catálogos sistemático y geográfico de las especies mineralógicas de la República Mexicana, por el ingeniero José G. Aguilera.—1898.—158 págs.
* Número 12.—El Real del Monte, por los ingenieros E. Ordóñez y M. Rangel.—1899.—108 págs., 26 láms.
* Número 13.—Geología de los alrededores de Orizaba, con un perfil de la vertiente oriental de la Mesa Central de México, por el doctor Emilio Böse.—1899.—54 págs., 3 láms.
* Número 14.—Las Rhyolitas de México (Primera parte), por el ingeniero E. Ordóñez.—1900.—78 págs., 6 láms.
* Número 15.—Las Rhyolitas de México (Segunda parte), por el ingeniero E. Ordóñez.—1901.—78 págs., 6 láms.
* Número 16.—Los criaderos de fierro del Cerro de Mercado en Durango, por el ingeniero M. Rangel, y de la hacienda de Vaquerías, Estado de Hidalgo, por el ingeniero J. D. Villarello y doctor E. Böse.—1902.—144 págs., 5 láms.
* Número 17.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana, completada hasta 1904, por R. Aguilar y Santillán.—1904.—XIII. 330 págs.

Número 18.—Descripción Histórica de la Red Sismológica, por M. Muñoz Lumbier.—1919.—68 págs., 14 láms.

Número 19.—Los temblores de Guadalajara en 1912, por el doctor Paul Waitz y Fernando Urbina.—1919.—IV, 83 págs., 32 láms.

* Número 20.—Reseña acerca de la Geología de Chiapas y Tabasco, por el doctor E Böse.—1905.—116 págs., 9 láms.

Número 21.—Le Faune Marine du Trias Supérieur de Zacatecas, par le Dr. C. Burckhardt avec le collaboration du docteur S. Scalia.—1905.—44 págs., 8 láms.

* Número 22.—Sobre algunas faunas terciarias de México, por el doctor E. Böse.—1906.—96 págs., 12 láms.

Número 23.—Le Faune jurassique du Mazapil, Zac., par le docteur C. Burckhardt.—1906.—216 págs., 43 pls.

Nmero 24.—La Fauna de moluscos del Senoniano de Cárdenas, S. L. P., por el Dr. E. Böse.—1906.—95 págs., 18 láms.

Número 25.—Monografía Geológica y Paleontológica del Cerro de Muleros, cerca de Ciudad Juárez, Estado de Chihuahua, y descripción de la Fauna Cretácica de la Encantada, cerca del Placer de Guadalupe, Estado de Chihuahua, por el Dr. E. Böse.—1910.—196 págs., 50 láms.

* Número 26.—Algunas regiones petrolíferas de México, por el ingeniero J. D. Villarello.—1908.—122 págs., 22 láms.

Número 27.—La Granodiorita de Concepción del Oro en el Estado de Zacatecas y sus formaciones de contacto, por el doctor Alfred Bergeat.—1910.—109 págs., 9 láms. y 15 figs.

Número 28.—Las aguas subterráneas en el borde meridional de la Cuenca de México, por el ingeniero J. D. Villarello.—12 láms. y un croquis geológico (1:100,000).—Informe sobre las aguas del río de la Magdalena, por el profesor J. S. Agraz.—1911.—89 págs.

Número 29.—Faunes jurassiques et crétaciques de San Pedro del Gallo, Durango, par le Dr. C. Burckhardt.—1912.—264 págs., 26 pls.

* Número 30.—Sobre algunas faunas del Cretácico superior de Coahuila y regiones limítrofes, por el Dr. E. Böse.—1913.—56 págs., 8 láms.

Número 31.—La Flora Liásica de la Mixteca Alta, por el Dr. G. R. Wieland.—1914.—162 págs., 50 láms.

Número 32.—La zona megasísmica Acambay-Tixmadejé, Estado de México, estudiada por F. Urbina y H. Camacho.—1913.—125 págs., 75 láms.

Número 33.—Faunas jurásicas de Symon y Faunas cretáticas de Zumpango del Río, por el Dr. C. Burckhardt.—1920.—137 págs., 32 láms.

* Número 34.—Descripción de unas plantas liásicas de Huayacocotla, Veracruz.—Algunas plantas de la Flora Liásica de Huauchinango, Puebla, por Enrique Díaz Lozano.—1916.—18 págs., 9 láms.

* Número 35.—El Petróleo en la República Mexicana, por el ingeniero de minas M. Bustamante.—1918.—216 págs., 37 láms., 2 cartas y 2 perfiles. (1.ª parte.)

Número 36.—La sismología en México, por Manuel Muñoz Lumbier.—1918.—102 págs., 32 láms.

Número 37.—Estudio geológico minero de los Distritos de El Oro y Tlalpujahua, por el ingeniero de minas Teodoro Flores. (En prensa.)

PARERGONES

* Tomo I. Número 1.—Los Temblores de Zanatepec, Oax.—Estado actual del Volcán de Tacaná, Chiapas, por el Dr. Emilio Böse.—1903.—25 págs., 4 láms.

* Número 2.—Fisiografía, Geología e Hidrología de los alrededores de La Paz, Baja California, por el Dr. E. Angermann.—El área cubierta por la ceniza del Volcán de Santa María, octubre de 1902, por el Dr. Emilio Böse.—1904.—26 págs., 3 láms.

* Número 3.—El Mineral de Angangueo, Michoacán, por el ingeniero E. Ordóñez.—Análisis de una muestra de granate del Mineral de Pihuamo, Jalisco, por el ingeniero J. D. Villarello.—Apuntes sobre el Paleozoico en Sonora, por el Dr. E. Angermann.—1904.—34 págs., 2 láms.

* Número 4.—Estudio de la teoría química propuesta por el señor ingeniero Andrés Almaraz, para explicar la formación del petróleo de Aragón, México, D. F., por el ingeniero J. D. Villarello.—El fierro meteórico de Bacubirito, Sinaloa, por el Dr. E. Angermann. — Las aguas subterráneas de Amozoc, Puebla, por el ingeniero E. Ordóñez.—1904.—24 págs., 1 lám.

* Número 5.—Informe sobre el temblor del 16 de enero de 1902 en el Estado de Guerrero, por los Drs. E. Böse y E. Angermann.—Estudio de una muestra de mineral asbestiforme procedente del Rancho de Ahuacatillo, Distrito de Zinapécuaro, Estado de Michoacán, por el ingeniero J. D. Villarello.—1904.—26 págs.

* Número 6.—Estudio de la Hidrología subterránea de la región de Cadereyta Méndez, Estado de Querétaro, por el ingeniero J. D. Villarello. — 1904.—58 págs., 2 láms.

Número 7.—Estudio de una muestra de grafita de Ejutla, Estado de Oaxaca, por el ingeniero J. D. Villarello.—Análisis de las cenizas del Volcán de Santa María, Guatemala, por el ingeniero E. Ordóñez.—1904.—26 págs.

* Número 8.—Hidrología Subterránea de los alrededores de Querétaro, por el ingeniero J. D. Villarello.—1905.—55 págs., 8 láms. y 2 figs.

Número 9.—Los Xalapazcos del Estado de Puebla, por el ingeniero E. Ordóñez. (Primera parte.)—1905.—54 págs., 1 plano y 4 láms.

Número 10.—Los Xalapazcos del Estado de Puebla, por el ingeniero E. Ordóñez. (Segunda parte.)—1905.—45 págs., 3 pls. y 8 láms.

* Tomo II. Número 1.—Explicación del Plano Geológico de la Región de San Pedro del Gallo, Estado de Durango, por el Dr. Ernesto Angermann.—Sobre la Geología de la Bufa, Mapimí, Estado de Durango, por el Dr. Ernesto Angermann.—Notas Geológicas sobre el Cretáceo en el Estado de Colima, por el Dr. E. Angermann.—1907.—35 págs., 3 láms.

* Número 2.—Sobre algunos fósiles Pleistocénicos recogidos por el Dr. E. Angermann en la Baja California, por el Dr. E. Böse.—Sobre la aplicación de la potasa cáustica a la preparación de fósiles, por el Dr. Emilio Böse y Víctor von Vigier.—Sobre las rocas fosforíticas de las sierras de Mazapil y Concepción del Oro, Zacatecas, por el Dr. Carlos Burckhardt.—1907.—31 págs., 1 lám.

* Número 3.—El Volcán Jorullo, por el ingeniero de minas Andrés Villafaña.—1907.—58 págs., 8 láms.

* Números 4, 5 y 6.—El temblor del 14 de abril de 1907, por el Dr. Emilio Böse e ingenieros A. Villafaña y J. García y García. — 1908. — 124 págs., 43 láms. y 1 cuadro.

* Número 7.—El Valle de Cerritos, Estado de San Luis Potosí, por el ingeniero Ezequiel Ordóñez, págs. 263-273.—Fuente termal en Cuitzeo de Abasolo, Estado de Guanajuato, por el ingeniero Andrés Villafaña, págs. 277-287, láms. LVI-LVII.

* Número 8.—Estudio Hidrológico de la región de Río Verde y Arroyo Seco, en los Estados de San Luis Potosí y Querétaro, por el ingeniero Trinidad Paredes, págs. 282-337, lám. LVIII.—1809.

* Número 9.—Hidrología subterránea de los alrededores de Pátzcuaro, Estado de Michoacán, por el ingeniero J. D. Villarello, págs. 339-362.—El hundimiento del Cerro de Sartenejas en los alrededores de Tetecala, Estado de Morelos, por el ingeniero T. Flores, págs. 363-384, láms. LIX a LXII.—1909.

* Número 10.—Catálogo de los temblores (macrosismos) sentidos en la República Mexicana durante los años de 1904 a 1908, págs. 389-467.—1909.

* Tomo III. Número 1.—El Pozo de Petróleo de Dos Bocas, por el ingeniero J. D. Villarello, págs. 5-112, láms. I-XXXVII.—1909.

Número 2.—Estudio Geológico de los alrededores de una parte del Río Nazas, en relación con el proyecto de una presa en el Cañón de Fernández, por el Dr. C. Burckhardt e ingeniero J. D. Villarello, págs. 117-135, láminas XXVII-XXXVI.—1909.

Número 3.—Estudio Hidrológico del Valle de Ixmiquilpan, Estado de Hidalgo, por el ingeniero Trinidad Paredes, págs. 141-172, láms. XXXVII-XLIV.—Catálogo de los temblores (macro y microsismos) sentidos en la República Mexicana durante el primer semestre de 1909, págs. 173-199.—1909.

Número 4.—Hidrología subterránea de la Comarca Lagunera del Tlahualilo, por el ingeniero J. D. Villarello, págs. 201-251, láms. XLV-XLVIII.—1910.

Número 5.—Nuevos datos de la Estratigrafía del Cretácico en México, por el Dr. E. Böse, págs. 257-280.—Nuevos datos sobre el Jurásico y el Cretácico en México, por el Dr. C. Burckhardt, págs. 281-301.—1910.

Número 6.—Estudio Geológico de la región de San Pedro del Gallo, Durango, por el doctor C. Burckhardt, págs. 307-357, láms XLIX-LI (plano geológico, 1:25,000) y 9 figs. — Plesiosaurus (Polyptychodon?) Mexicanus Wieland, por el Dr. G. R. Wieland, págs. 359-365, lám. LII.—1910.

Número 7.—Informe acerca de una excursión geológica preliminar efectuada en el Estado de Yucatán, por Jorge Engerrand y Fernando Urbina, con la colaboración del ingeniero J. Baz y Dresch, págs. 369-424, láms. LIII-LXXIV.—Estudio químico y óptico de una labradorita del Pinacate, Sonora, por el ingeniero Y. S. Bonillas, págs. 425-432, lám. LXXV.—1910.

Número 8.—Catálogo de los temblores (macrosismos) sentidos en la República Mexicana y microsismos registrados en la Estación Sismológica Central, Tacubaya, D. F., durante el segundo semestre de 1909, págs. 435-496.—1911.

Número 9.—Reconocimiento de algunos criaderos de fierro del Estado de Oaxaca, por el ingeniero Y. S. Bonillas, págs. 499-524, láms. LXXVI-LXXIX.—1911.

Número 10.—Catálogo de los temblores (macrosismos) sentidos en la República Mexicana y microsismos registrados en la Estación Sismológica Central, Tacubaya, D. F., durante el año de 1910, págs. 257-571.—Microsismos registrados en las Estaciones Sismológicas de Mazatlán y Oaxaca, de agosto a diciembre de 1910, págs. 273-587.—Indices del tomo.—1911.

Tomo IV. Número 1.—Notas preliminares relativas a un reconocimiento geológico por el curso del Atoyac (Río Verde), Oaxaca, por el Dr. P. Waitz, págs. 8-32.—Catálogo de los microsismos registrados en la Estación Sismológica Central durante el año de 1911, págs. 43-85.—1912.

* Número 2-10.—Memoria de la Comisión que exploró la región Norte del Territorio de la Baja California, por los Drs. E. Böse, E. Wittich e ingenieros T. Flores, P. González y señores F. Urbina y J. Engerrand, págs, 89-533, 112 láms.—1913.

Tomo V. Números 1-3.—Catálogo de los movimientos registrados en las Estaciones Sismológicas de Mérida, Mazatlán, Oaxaca y de los macrosismos sentidos en la República Mexicana durante el año de 1911, 76 págs.—1913.

Número 4.—Análisis hechos en el Laboratorio de Química del Instituto Geológico. Números 1-279.—109 págs.—1913.

Número 5.—Apuntes acerca de la Hidrología Subterránea del Estado de Coahuila, por el ingeniero J. D. Villarello.—Informe relativo al agua solicitada por los vecinos de Pueblito, Querétaro.—Informe sobre el pozo de Yurécuaro, Michoacán, por el ingeniero T. Paredes.—34 págs.—1913.

Números 6-7-8.—Catálogo de los sismos registrados en la Estación Sismológica Central y en las de Mérida, Zacatecas, Oaxaca y Mazatlán, y de macrosismos sentidos en la República Mexicana durante el año de 1912.—125 págs.—1914.

Número 9.—Rocas Mexicanas clasificadas al microscopio en el Instituto Geológico, págs. 353-426.—1914. (Estados de Aguascalientes a Jalisco.)

Número 10.—Las aguas subterráneas en los Municipios de Acatlán y Jaltepec, Distrito de Tulancingo, Estado de Hidalgo, por el ingeniero Vicente Gálvez, págs. 429-475, 15 láms.—Los recursos de agua del Valle de Tecalitlán, Estado de Jalisco, por el ingeniero Trinidad Paredes, páginas 477-501.—1916.

ANALES

Número 1.—Diatomeas fósiles mexicanas, por Enrique Díaz Lozano.—27 págs., 2 láms. —1917.

* Número 2.—Las salinas de México y la industria de la sal común, por José C. Zárate. —1 lám., 71 págs. y 1 carta.—1917.

Número 3.—Las aguas subterráneas al E. de la Bahía Magdalena, Baja California.—Hidrología subterránea de los alrededores del pueblo de Tequisquiapan y Hacienda de la Labor, Distrito de Temascaltepec, Estado de México.—Estudio sobre la probabilidad de encontrar aguas subterráneas en el Potrero de la Ciénega, D. F., por el ingeniero de minas Vicente Gálvez.—58 págs., 12 láms.—1918.

* Número 4.—Análisis de un petróleo crudo del campo del Alamo, por Salvador S. Morales.—Análisis de una nafta, por A. M. de Ibarrola.—Nota sobre un Corundo de una nueva localidad de México, por Carlos Castro.—Captación de aguas potables en el Mineral de Jacala, por el ingeniero Heriberto Camacho.—47 págs., 3 láms. y un plano.—1917.

Número 5.—El Tequezquite del Lago de Texcoco, por el ingeniero de minas Teodoro Flores.—61 págs., 15 láms. y un plano.—1918.

Número 6.—Apuntes sobre el Mineral de Puerto de Nieto, Gto., por el ingeniero de minas Vicente Gálvez.—9 págs. con un croquis.—Breves consideraciones para el estudio de las arcillas que tienen aplicación entre los materiales de construcción, por el arquitecto Benjamín Orvañanos.—5 págs.—1919.

Número 7.—Algunos datos sobre las islas mexicanas para contribuir al estudio de sus recursos naturales, por Manuel Muñoz Lumbier. — 54 págs. y 9 láms.—1919.

Número 8.—Las aguas subterráneas de Tlanalapan, Dto. de Apan, Edo. de Hgo. —23 págs., con dos planos y un croquis.—Informe de las aguas subterráneas del Valle de Tecamachalco o Valsequillo, Edo. de Puebla, por Heriberto Camacho.—Págs. 27 a 38, con 9 láms., un plano, 2 perfiles y un croquis.—Ligeros apuntes sobre el sistema de "Flotación," por el ingeniero Luis Goerne.—Págs., 41 a 50, con 8 figs.—1920.

Número 9.—Depósitos diatomíferos en el Valle de Toxi.—Manantiales en el Pueblo de Tepexi de Rodríguez, Edo. de Pue., por Enrique Díaz Lozano.—1920.

FOLLETOS DE DIVULGACION

* Número 1.—Los temblores de Guatemala, por M. Muñoz Lumbier.—3 págs. y 1 lám.—Enero de 1919.

* Número 2.—Procedimiento para el cuanteo volumétrico del manganeso, por el profesor C. Castro.—3 págs.—Febrero de 1919.

* Número 3.—Informe que rinde el Jefe de la Sección de Química, acerca de unos minerales de manganeso que remitió el Departamento de Minas, para que se viera si tenían substancias radio-activas.—3 págs., 2 láms.—Marzo de 1919.

Número 4.—Informe condensado sobre la construcción de edificios de madera a prueba de temblores, traducción por el Dr. E. Böse y J. García y García. —Enero de 1920.—15 págs. y 16 láms.

Número 5.—Apuntes sobre las ferro-ligas, recopilados y extractados de varias publicaciones y análisis, por el ingeniero G. Cicero. — 33 págs. — Agosto de 1920.

* Número 6.—Instrucciones generales para análisis de tierras, por C. Castro.—4 págs. —Septiembre de 1920.

Número 7.—Análisis de Aguas.—Condiciones que deben reunir para que sean potables, por C. Castro.—11 págs.—Febrero de 1921.

Número 8.—Nota sobre el aprovechamiento de la Baritina Mexicana, por el ingeniero C. F. de Landero.—5 págs.—Junio de 1921.

MONOGRAFIAS

* "El Goniógrafo."—(La Plancheta.)—Su aplicación práctica para levantamientos topográficos y de configuración orográfica.—Con 12 láms., 2 tablas, 3 formularios y varias figuras en el texto, por el ingeniero Luis Bolland.—1919.

A las Grutas de Cacahuamilpa en Automóvil, por el ingeniero L. Salazar Salinas.—1922.

*** Agotado.—Out of print.—Epuisé.—Vergriffen.**

SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO

DEPARTAMENTO DE EXPLORACIONES Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

Jefe del Departamento y Director del Instituto Geológico: Ingeniero L. Salazar Salinas

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN NUM. 39

(PRESENTADO COMO CONTINGENTE DEL INSTITUTO, ANTE EL PRIMER CONGRESO NACIONAL DE GEOGRAFIA)

EXPLORACION

EN LA

PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA

POR LA COMISION EXPLORADORA DEL PACIFICO

Smithsonian Institution
JUL 31 1923
261622
National Museum

TALLERES GRAFICOS DE LA NACION

México.—1922

PUBLICACIONES PERIODICAS

DE LA

SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO

BOLETIN DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO

(MENSUAL)

ORGANO DE LOS DEPARTAMENTOS DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO

Subscripción por un año	$	5.00
Por seis meses		2.75
Números sueltos		0.50
Por un año en Estados Unidos, Cuba y Canadá	Dls.	5.00
Por un año en Europa y Sudamérica	,,	7.00

BOLETIN DEL PETROLEO

(MENSUAL)

ORGANO DEL DEPARTAMENTO DE PETROLEO

Subscripción por un año	$	11.50
Por seis meses		5.75
Números sueltos en la República		1.00
Por un año en Estados Unidos, Cuba y Canadá	Dls.	10.50
Números sueltos en Estados Unidos, Cuba y Canadá	,,	1.00
Por un año en Europa y Sudamérica	,,	12.50
Números sueltos en Europa y Sudamérica	,,	1.25

BOLETIN MINERO

(MENSUAL)

ORGANO DEL DEPARTAMENTO DE MINAS

Subscripción por un año	$	11.50
Por seis meses		5.75
Números sueltos en la República		1.00
Por un año en Estados Unidos, Cuba y Canadá	Dls.	10.50
Números sueltos en Estados Unidos, Cuba y Canadá	,,	1.00
Por un año en Europa y Sudamérica	,,	12.50
Números sueltos en Europa y Sudamérica	,,	1.25

GACETA OFICIAL DE LA OFICINA DE PATENTES Y MARCAS

(MENSUAL)

ORGANO DEL DEPARTAMENTO DE PATENTES Y MARCAS

Subscripción por un año	$	6.00
Número suelto		0.50

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN, ANALES Y MONOGRAFIAS DIVERSAS

Pídanse precios a la Sección de Publicaciones

GACETA MENSUAL DEL DEPARTAMENTO DE TRABAJO

Distribución gratuita

PUBLICACIONES DIVERSAS

Solicítese el Catálogo de Publicaciones de la Secretaría

Al hacer los pedidos, cuyo pago debe ser adelantado, deberá enviarse el importe en documentos de fácil cobro, tales como giros postales, vales para editores, letras a la presentación o cheques, a favor de la Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, quien rehusará dichos pagos si vinieren en timbres u otra clase de documentos diferentes de los citados.

Para toda clase de informes y pedidos dirigirse a la Sección de Publicaciones de la Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo. Teléfonos: Ericsson, 14-08, y Mexicana, 2-38 Neri. Avenida República Argentina número 12, México, D. F.

SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO
DEPARTAMENTO DE EXPLORACIONES Y ESTUDIOS GEOLOGICOS
Jefe del Departamento y Director del Instituto Geológico: Ingeniero L. Salazar Salinas

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN NUM. 39

(PRESENTADO COMO CONTINGENTE DEL INSTITUTO, ANTE EL PRIMER CONGRESO NACIONAL DE GEOGRAFIA)

EXPLORACION

EN LA

PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA

POR LA COMISION EXPLORADORA DEL PACIFICO

Smithsonian Institution
261682
National Museum

TALLERES GRAFICOS DE LA NACION

México.—1922

"Los autores de las publicaciones del Instituto Geológico de México, son responsables personalmente, de las ideas que emitan o de las nuevas teorías que sustenten."

LA COMISION GEOLOGICO-EXPLORADORA DEL PACIFICO EN LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA

POR EL ING. DE MINAS VICENTE GALVEZ

SUMARIO

TEXTO

PRIMERA PARTE Pages.

Antecedentes 3
Informe del Jefe del Departamento de Exploraciones y Estudios Geológicos con motivo de la expedición a los Estados del Pacífico..... 7
Objeto de la expedición..... 7
Reseña de las expediciones 8

SEGUNDA PARTE

Itinerarios..... 19
La Paz, La Campana, Cananea y Juan Márquez. La Paz, Los Bledales, San Pedro de la Paz, Santa Rita y Todos Santos..... 20

GENERALIDADES

Fisiografía..... 20
Hidrografía..... 21
Geología..... 21
Hidrología..... 22
Todos Santos, El Palmar, Boca de San Jacinto, El Gaspareño, Sierrita de San Jacinto, Cerro del Mármol, El Pescadero y Todos Santos..... 23

GENERALIDADES

Fisiografía..... 23
Hidrografía..... 24
Geología..... 25
Depósitos Mecánicos..... 25
Precipitados Químicos 25
Rocas Plutónicas..... 25
Rocas Intrusivas..... 26
Rocas Metamórficas..... 26
Gneises..... 26
Pizarras y esquistos cristalinos..... 26
Caliza Metamórfica..... 27
Superposición..... 27
Fracturas..... 27
Vetas instrusivas 27
Vetas minerales..... 27

Págs.

Petróleo 28
Hidrología 28
Los Minerales del Triunfo y San Antonio, Baja California 30
Datos históricos 31
Situación 36
Vías de comunicación 36
Fisiografía 37
Hidrografía 41
Geología 43
Depósitos mecánicos de materiales sueltos 43
„ „ con cierto grado de consolidación y estratificación 44
„ „ bajo forma de brechas 44
Precipitados químicos 44
Muestras estudiadas por el señor Petrógrafo Alberto Johansen 45
Cuenca del Triunfo 45
Cuenca de San Antonio 47
Región de Palo Verde 47
Valle de Codio 47
Muestras estudiadas por el señor Ing. Rafael Orozco 48
Cuenca del Triunfo 48
Cuenca de San Antonio 50
Valle del Tecuán 50
Valle de Codio 51
Valle de Cánovas 51
Muestras estudiadas por el señor Rodolfo Martínez Quintero 51
Cuenca del Triunfo 51
„ de San Antonio 55
Región de Palo Verde 57
„ del Valle del Oro 57
„ „ „ de Cánovas 58
Granitos 58
Granofiros 59
Pegmatitas 59
Aplitas y Granulitas 59
Rhyolitas 60
Cuarzo-Monzonitas 61
Esmeraldita-Greisen 61
Dioritas 62
Pórfidos Andesíticos 63
Gabbros 63
Diabasas 64
Hornblenditas 64
Análisis de una roca (hornblendita) por el Prof. Carlos Castro 65
Gneiss 65
Esquistos 66
Caliza metamórfica 68
Dislocaciones 68
Historia geológica de la región 68

II

SIERRA DEL NOVILLO O TRINCHERA, DISTRITO SUR, BAJA CALIFORNIA. POR EL SEÑOR D. ENRIQUE DIAZ LOZANO.

Introducción 71
Aspecto general 72
Geología 74
Sierra del Novillo o Trinchera 74

Págs

Historia 83
Sierra de la Laguna 83
Isla de Cerralvo 84
Comarca Rhyolítica en los alrededores de la Paz 84

III

EXPLORACION GEOLOGICA EN LA REGION DE LA PURISIMA, POR EL SEÑOR DR. ANTONIO PASTOR GIRAUD.

I. Itinerario 93
II. Geografía de la región 93
1. Subregión del Golfo 93
2. ,, ,, Pacífico 94
3. ,, de la Sierra 94
Relieve y medios de comunicación 95
Condiciones físicas, agua potable y agua para perforaciones 95
III. Geología general.—Distribución geográfica de las rocas 95
Rocas Igneas 95
Plutónicas 95
Volcánicas 96
Basaltos 96
Andesitas 96
Rocas Sedimentarias 96
Rocas Metamórficas 97
Contactos 97
IV. Geología Física y Estructural.—Macizo Diorítico 98
Mesas Basálticas 98
Estratigrafía 98
Erupciones volcánicas 100
Intrusiones 101
Levantamientos, hundimientos y oscilaciones de las costas 101
Plegamientos 102
Temblores de tierras 102
Fallas 102
V. Geología histórica 103
VI. Manifestaciones superficiales del petróleo 103
Chapopote en las costas 104
Chapopote en el interior de la Península 104
Petróleo líquido 105
Margas carronosas 105
Perforaciones 105
VII. Horizontes Geológicos Petrolíferos 105
Discusión de la zona probable 105
Línea de costas: esteros, bahías, etc 106
Paralelismo de la costa a la cadena de montañas 107
Clase de rocas 107
Edad de los terrenos 107
Naturaleza de los lechos 107
Estructura de los lechos 107
Resumen 107

ILUSTRACIONES

EXPLORACION EN LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA

Lám. I. Corte de un pozo en Cananea, Baja California. Escala 1: 100 22
,, II. Región sur de la Baja California. Escala 1: 750,000 28

Págs.

Lám. III. Mapa que muestra la región del Cabo, Baja California 28
„ IV. Mapa de la precipitación fluvial en la región del Cabo, Baja California.. 28
Fot. No. 1. Ruinas de la Hacienda del Progreso. El Triunfo, Baja California..... 34
„ „ 2. Residuos de la Hacienda del Progreso. El Triunfo, Baja California..... 34
„ „ 3. Mineral del Triunfo, Baja California..... 36
„ „ 4. Mineral de San Antonio, Baja California..... 36
Lám. V. Croquis del Distrito de San Antonio, Baja California..... 36
„ VI. Plano del camino de La Paz al Mineral del Triunfo. Levantado por el Ingeniero F. Quijano-1880..... 63
Fot. núm. 5. Valle de El Triunfo, Baja California..... 38
„ „ 6. Cuchillas en el cerro de la Ladrillera. El Triunfo, Baja California.. 38
„ „ 7. Pozo en un arroyo al pie del Cerro de la Cruz. El Triunfo, Baja California..... 40
„ „ 8. Arroyo del Triunfo entre los Cerros de la Cruz y Quiénsabe, Baja California..... 40
„ „ 9. Manantial en el Arroyo de la Margarita, San Antonio, Baja California..... 40
„ „ 10. Cauce del Arroyo del Triunfo, El Triunfo, Baja California 40
„ „ 11. Arroyo del Triunfo. El Triunfo, Baja California..... 42
„ „ 12. Manantiales de San Antonio. San Antonio, Baja California..... 42
„ „ 13. Depósitos sedimentarios en el Cantil. Arroyo de San Antonio, San Antonio, Baja California..... 58
„ „ 14. Dique de Granofiro en el Cerro del Crestón. San Antonio, Baja California 58
„ „ 15. Dique de granofiro, en el Cerro del Panadero. Palo Verde, Baja California..... 58
„ „ 16. Pegmatita en el Arroyo del Salto. Palo Verde, Baja California..... 58
„ „ 17. Pegmatitas entre los esquistos del Cerro de Bebelamas. San Antonio, Baja California..... 58
„ „ 18. Vetas intrusivas de aplita en las dioritas del Arroyo de El Triunfo, Baja California..... 58
„ „ 19. Vetas intrusivas de aplita fracturadas y dislocadas entre el Portezuelo 96 y el Tiro del Vaso. San Antonio, Baja California..... 60
„ „ 20. Dique de rhyolita en el Cerro de la Choya. El Triunfo, Baja California..... 60
„ „ 21. Macizos de cuarzo-monzonita desagregándose en el Arroyo del Encino. Palo Verde, Baja California..... 60
„ „ 22. Banco de cuarzo-monzonita en el Arroyo del Encino. Palo Verde, Baja California..... 60
„ „ 23. Block de cuarzo-monzonita en el Arroyo del Encino. Palo Verde, Baja California 60
„ „ 24. Dique de diorita en cuarzo-monzonita. Arroyo del Encino. Palo Verde, Baja California..... 60
„ „ 25. Diorita en el Cerro del Vaso. El Triunfo, Baja California..... 62
„ „ 26. Diorita en el Arroyo de los Troncones de Palma. El Triunfo, Baja California..... 62
„ „ 27. Diabasa (?) entre los esquistos dioríticos. Camino a San Antonio. San Antonio, Baja California..... 62
„ „ 28. Blocks de diorita mostrando zonas concéntricas esquistosas. Camino del Triunfo a San Antonio, Baja California..... 62
„ „ 29. Cuarzo-diorita en el Arroyo del Ranchito. Valle de Codio, Baja California..... 62
„ „ 30. Dique de diabasa en el Cerro de la Campana, San Antonio, Baja California 64
„ „ 31. Dique de diabasa en el Cerro de la Joya. El Triunfo, Baja California. 64
„ „ 32. Hornblendita en el Contrafuerte del Huatamotito. El Triunfo, Baja California..... 64
„ „ 33. Gneiss en el Cerro de la Cruz. El Triunfo, Baja California..... 64

Págs.

Fot. núm. 34. „ „ „ „ „ Quiénsabe. El Triunfo, Baja California..... 64
„ „ 35. „ „ „ „ „ la Cruz. El Triunfo, Baja California..... 64
„ „ 36. Juntas de la diorita, entre el Portezuelo 96 y el Tiro del Vaso. El Triunfo, Baja California. 66
„ „ 37. Esquistos en la mina El Sol de Mayo. Cerro de la Campana. San Antonio, Baja California..... 66
„ „ 38. Esquistos en la mina de la Campana. Cerro de la Campana. San Antonio, Baja California..... 66
„ „ 39. Esquistos frente a la mina Soledad. El Triunfo, Baja California..... 66
„ „ 40. Contacto entre los esquistos y gneiss al pie del Cerro de la Cruz. El Triunfo, Baja California..... 66
„ „ 41. Esquistos y mica-esquistos, en las cercanías de la mina El Nacimiento. San Antonio, Baja California 66
„ „ 42. Caliza metamórfica en la Calera. Valle de Codio, Baja California. . 68

II

SIERRA DEL NOVILLO O TRINCHERA. DISTRITO SUR, BAJA CALIFORNIA

Fot. núm. 1. Vista panorámica de la zona rhyolítica al sur de la Paz, tomada desde el Cerro de San Juan..... 72
„ „ 2. Estero de Palmira, Bahía de la Paz..... 74
„ „ 3. Ciudad y Bahía de la Paz..... 74
„ „ 4. Arroyo del Saltito. Bancos de diorita..... 76
„ „ 5. „ „ „ „ „ „ y plano de Juntas 76
„ „ 6. Arroyo de la Cantería. Depósitos sedimentarios terminados en su parte superior por una capa de toba rhyolítica 76
„ „ 7. Arroyo de la Cantería. Capa de toba sobre el depósito arenoso..... 76
„ „ 8. Margen izquierda del Arroyo de Matancitas. Afloramiento de una veta de pegmatita..... 78
„ „ 9. Falla inversa. Arroyo de Matancitas, margen izquierda..... 78
„ „ 10. Veta fallada. Arroyo de San Isidro..... 78
Lám. I. Croquis limitado de la Sierra del Novillo o Trinchera..... 82
„ II. Croquis Geológico de la zona cortada por el Arroyo de Matansitas..... 82
Fot. núm. 11. Región al W. de la Sierra de Cacachilas..... 84
„ „ 12. Cerro de la Calavera 84
„ „ 13. Depósitos en el Cerro de la Calavera..... 84
„ „ 14. Oquedades en el Cerro de la Calavera..... 84
„ „ 15. Oquedades en el Cerro de la Calavera 84
„ „ 16. Afloramientos de rhyolita en el Cerro de la Calavera. 84
„ „ 17. Cerro del Coyote 84
„ „ 18. Conglomerados y grava en el Cerro del Coyote..... 86
„ „ 19. Acantilados en la Isla de Espíritu Santo..... 86
„ „ 20. „ „ „ „ „ „ „ „ 86
„ „ 21. Cerro Pilón de Azúcar en la isla Espíritu Santo..... 86
„ „ 22. 86
„ „ 23. Cerro de San Juan 88
„ „ 24. „ „ la Vaquilla..... 88
„ „ 25. Canteras en el Cerro de la Vaquilla..... 88
„ „ 26. Cerro Atravesado..... 88
„ „ 27. Rhyolitas en el Cerro Atravesado..... 88
„ „ 28. Acantilados de rhyolita en el Cerro Atravesado..... 88
„ „ 29. Rhyolita en la cima del Cerro Atravesado..... 88
„ „ 30. Depósitos sedimentarios en el arroyo de Pozos..... 90
„ „ 31. „ „ „ „ „ „ „ „ 90
„ „ 32. Cañón de los Reyes..... 92
„ „ 33. „ „ „ „ 92

Págs.

Fot. núm. 34. Capas plegadas en el Cañón de los Reyes..... 92
„ „ 35. „ „ „ „ „ „ „ „ 92
„ „ 36. Cañón de los Reyes. 92
„ „ 37. Capas falladas en el Cañón de los Reyes. 92
„ „ 38. Fallas en el Cañón de los Reyes 92
„ „ 39. „ „ „ „ „ „ „ 92
„ „ 40. Brecha basáltica en el Cañón de los Reyes. 92

III

REGION DE LA PURISIMA

Lám. I. Mapa de la Baja California. Escala 1: 800,000. 108
Mascarilla con el número de las muestras sobre sus respectivas localidades 108
„ II. Cortes Geológicos. 108
„ III. Figuras 1 a 11 108
„ IV. „ 12 a 22. 108
„ V. Sección del Cerro de la Presa. 108

ERRATAS NOTABLES

Página	Línea	DICE	DEBE DECIR
15.....	57.....	IV.	VI.
21.....	40.....	calichoso y capaz	calichoso y capas
21.....	46.....	ciertas proporciones	ciertas porciones
23.....	44.....	NW.,	EW.,
26.....	21.....	esquitosidad o filación.	esquistosidad o foliación.
31.....	54.....	números 19 y 10;	números 19 y 20;
31.....	57.....	Boletin Miners	Boletín Minero
38.....	31.....	prolongaciones a la planicie general,	prolongaciones de la planicie general,
38.....	52.....	se han unido los de rocas plutónicas	se han unido los tectónicos de rocas plutónicas
56.....	18.....	Cima Atezcalaxa	Cima Atezcalama
59.....	16.....	un grafiro típico	un granofiro típico
60.....	19.....	a la NW.,	a la EW.,
60.....	27.....	cercanos a la línea NW.	cercanos a la línea EW.
60.....	34.....	N. 300° E.,	N. 30° E.,
66.....	32.....	juntas muestras.	juntas maestras.
69.....	41.....	graníticas que el señor don Ezequiel Ordóñez (1), anota como post-cretácicas o entre las que los señores doctores Emilio Böse y Ernesto Wittich refieren a los principios del cretácico superior (2).	mente casi contemporáneas con las anteriores se manifestaron las rhyolitas que afectando la forma de diques cortaron a dichas rhyolitas y diabasas, así como otras rocas tales como los esquistos cristalinos.
72.....	48.....	Noreste a Suroeste,	Noroeste a Sureste,
72.....	49.....	(lámina II),	(lámina I),
77.....	7.....	Cacachillas,	Cacachilas,
79.....	2.....	de la sierra y del que ya se trató en los primeros recorridos.	No debe decir.
83.....	37.....	como atecretácicas (2)	como antecretácicas (2)
89.....	13.....	presentan bandas	presenta bandas
91.....	13.....	están constituídas de	están constituídos de
91.....	14.....	están constituídas fueron	están constituídos fueron
91.....	41.....	entre sí, o a los macizos rhyolíticos, completan el relieve actual de la región.	entre sí completan el relieve actual de la región.
95.....	39.....	necesaria para las perforaciones.	necesaria para la irrigación.
101.....	54.....	algunas azolvadas,	lagunas azolvadas,
102.....	18.....	dichos plegados	dichos lechos plegados

LA COMISION GEOLOGICO EXPLORADORA DEL PACIFICO,

EN LA PENINSULA

DE BAJA CALIFORNIA

POR EL INGENIERO DE MINAS VICENTE GALVEZ

PRIMERA PARTE

Antecedentes

Por el año de 1917, la Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, tuvo la idea de organizar una Comisión que se encargara del estudio de las islas del Pacífico.

Por varias causas no pudo llevarse a efecto, en aquel entonces, la referida idea y hubo necesidad de esperar tiempos mejores.

A principios del año de 1918, se trató nuevamente de este asunto, y habiendo creído prudente incluir la Península de Baja California, se presentó al señor ingeniero don León Salinas, el proyecto y presupuesto que formuló el señor ingeniero Pedro González, calculado para una duración de seis meses de trabajo, y que firmaron los señores Angel Aguilar, Miguel Bustamante, Pedro González, Enrique Díaz Lozano y Vicente Gálvez.

En dicho proyecto se consideraba que el personal técnico debería formarse con tres secciones dedicadas al estudio de petróleo, las minas y los demás recursos naturales en general. El personal administrativo independiente del técnico, se encargaría no sólo de la administración, sino de los trabajos de topografía y fotografía, considerándose al administrador como el intermediario entre la comisión técnica y la superioridad, para todo lo relativo al movimiento de caudales y la buena marcha y funcionamiento de la expedición.

Para esta comisión se calculó por los señores que suscribieron el proyecto, un costo de $50,000.00 que se invertirían durante seis meses en explorar los 160,000 kilómetros cuadrados que se estimaban para la superficie de la península e islas; de suerte que el costo por kilómetro cuadrado se consideraba que apenas llegaría a $0.45, condiciones teóricas muy favorables, dado que el Servicio Geológico Norteamericano saca un costo de 7.00 a 20.00 dólares por milla cuadrada en regiones que es de suponerse sean más hospitalarias que la Baja California.

Se proyectó que la sección del petróleo de la comisión, se ocupara "en las investigaciones de depósitos petrolíferos e hidrocarburos derivados en las islas del Golfo y del Pacífico, así como en el litoral de ambos mares y que además haría observaciones de geología general y de los recursos que se encontraran en la zona recorrida. La sección de minas tendría a su cargo la geología general, los recursos minerales, los criaderos de oro, plata, cobre, hierro, manganeso, magnesita, yeso, azufre, carbonatos, fosfatos; materiales de construcción como granitos, mármoles, canteras, y ayudaría además a la comisión de recursos naturales que estudiaría las salinas, los nitratos, el guano, etc."

Tales proyectos quedaron sin ejecución, pues las dificultades que se presentaron fueron de momento insuperables.

A fines del año de 1918, por acuerdo del ciudadano Presidente de la República y siendo ya jefe del Departamento el señor ingeniero Salazar Salinas, se organizó lo que se llamó "Comisión Geológica Exploradora del Pacífico," destinada en especial a la investigación de formaciones petroleras, y quedó integrada de la manera siguiente:

Jefe de la Comisión, señor Miguel Bustamante.
Proveedor, señor Angel Aguilar.
Subjefe de la Comisión, señor Vicente Gálvez.
Geólogo paleontologista y estratígrafo, señor Enrique Díaz Lozano.
Jefe de topógrafos, señor Julio Gómez.
Topógrafo, señor Jesús Chávez.
Ayudante de topógrafo, señor Luis E. de Luna.
Practicante y ayudante general, señor Othón Salvador Orozco.
Practicante y ayudante general, señor Jorge A. Villatoro.
Jefe de mineros exploradores, señor David Enríquez Ruiz.
Muestreador, señor Joaquín Chávez.
Mecánico, señor Gumersindo García.

Para orientar los trabajos de esta Comisión, el Jefe del Departamento expidió las siguientes instrucciones, que como se verá, fueron modificándose a medida que las circunstancias lo exigían.

La primera de dichas instrucciones, fechada en México el 21 de noviembre de 1918, es la siguiente:

1. El primer problema que hay que resolver es el de la designación del sitio por donde se inicien los trabajos.

No he encontrado hasta la fecha, en las publicaciones oficiales y en alguna documentación inédita que ha llegado a mis manos, datos precisos respecto de los lugares en donde se hubiesen notado indicios de formaciones petrolíferas; lo que tendría que ser la base de nuestros trabajos, desde el momento en que, no pudiendo organizarse varias comisiones, o una sola numerosa, de tal manera que pudieran estudiarse varias regiones simultáneamente, habrá que elegir una región especial en la que existan más probabilidades de llegar a resultados concluyentes.

Por la misma razón, no es factible el llevar a cabo el trabajo en una forma sistemática, esto es, dividiendo toda la extensión del territorio en zonas, si posible de forma geométrica regular cada una de las cuales fuera estudiándose, en orden progresivo, marchando del N. hacia el S. o viceversa. Con elementos bastantes o en circunstancias normales, este sería quizá el procedimiento que debiera adoptarse; pero en vista de las circunstancias, se iniciará el trabajo en aquellos lugares de los que se tengan noticias más o menos halagadoras y desde allí se extenderán las operaciones en la dirección y extensión que las circunstancias indiquen, pero sin perder la liga o unión entre unos y otros trabajos para dejar concluídas zonas más o menos extensas y de formas más o menos irregulares, pero completas, de cuya manera se logrará que el estudio no sea fragmentario, en cuya forma sería de poca utilidad.

2. Son inciertos los datos que tenemos, con excepción de algunos referentes a las costas de Oaxaca. Son los siguientes, mencionándolos desde el N.:

Al N. del Estado de Sonora, a inmediaciones de la línea divisoria con los Estados Unidos.

Inmediaciones de la población de Altar, Son.

Costa oriental de la Baja California: en su extremo N.; punta Aguja; inmediaciones al N. de La Paz; y Santiago, cerca del extremo S. de la Península.

Costa P.: Inmediaciones de Ensenada y de San Telmo; Punta Santa Eugenia; cercanías de San Luis y región al N. de Bahía Magdalena.

Islas: Angel de la Guarda, Tiburón, Coronados y San José en el Golfo de California, y Cedros en el Pacífico.

En el Estado de Colima, desde las inmediaciones de Manzanillo hasta el N. de la ciudad de Colima.

En el Estado de Guerrero, hacia el W. de Coyuca y en los alrededores de Acapulco.

Por último, en el Estado de Oaxaca, en Puerto Angel, Pochutla y Santa María.

3. Convendría empezar los trabajos por los Estados del N., tanto por ser aquellos en que podríamos utilizar observaciones ya hechas en territorio vecino norteamericano de la Alta California, con cuyo servicio geológico estamos ya en correspondencia, como porque al efectuarlo así, se llenarían más completamente los deseos del ciudadano Presidente de la República, que el ciudadano Secretario de Industria, Comercio y Trabajo me ha comunicado; siendo además esa región una de aquellas en que probablemente se encuentre en la actualidad mayor seguridad.

4. En todo caso, los datos enumerados no son precisos y por lo tanto, será indispensable hacer, en obvio de tiempo y de gastos, un trabajo preliminar, que constará de dos partes: una, que ya hemos iniciado, consistente en recabar datos de las autoridades locales y de algunos ingenieros residentes; otra, la decisiva, que consistirá en que el suscrito, acompañado del jefe de la Comisión, y de algún otro de los miembros de ella, se traslade al terreno, para decidir, después de una rápida vista de ojos y de haber entrevistado a las autoridades y vecinos, donde empezarán las labores.

5. Realizada esa parte del programa, será llamado por telégrafo el resto de la Comisión, excepto el paleontologista, el fotógrafo, el perforista y el mecánico, quienes no será necesario que vayan desde luego, sino que posteriormente se incorporarán, a medida que sus servicios se requieran.

6. Los trabajos de la comisión se sujetarán a las instrucciones especiales y a las perscripciones reglamentarias que constan en los anexos números 1 y 2. El anexo número 3, contiene la lista del personal que integrará la Comisión.

En la misma fecha (21 de noviembre de 1918) se expidieron las instrucciones especiales siguientes:

1. Aunque el objeto esencial de la Comisión es el estudio geológico-petrolífero, no limitará a eso su trabajo, sino que, además de hacer el estudio de la geología general de cada región, investigará y recogerá cuantos datos estén a su alcance respecto de todos los recursos naturales de cada lugar donde opere, tales como yacimientos minerales, especialmente de metales y sales industriales (fluorita, manganeso, cromo, tungsteno, molibdeno, magnesita, grafita, etc.), de aguas artesianas; tierras arables; de esquistos bituminosos; de carbón de piedra, etc.

2. El estudio geológico petrolífero propiamente dicho comprenderá:

(a). Geología general de la región, llevando por mira esencial la de completar, ratificar o rectificar estudios que anteriormente se hubiesen hecho.

(b). Fisiografía de cada región.

(c). Estructura de la sedimentación y en lo posible correlación de la estratificación.

(d). Rocas ígneas (diques, rebosaderos y afloramientos en general).

(e). Fallas.

(f). Fósiles.

(g). Chapopoteras, emanaciones de gas.

(h). Cursos fluviales. Examen del material acarreado y de los efectos de la erosión.

3. Todos estos trabajos, aunque encomendados a los especialistas que integran la Comisión, estarán bajo la inmediata dirección y responsabilidad del jefe de ella, quien, para tal efecto, se consagrará en exclusivo a la parte técnica de los trabajos.

4. La parte administrativa dependerá del proveedor, quien bajo su responsabilidad más estrecha, efectuará los pagos, contratará los medios de transporte, aportará los víveres y demás provisiones, así como las herra-

mientas; dispondrá los alojamientos, arreglará con las autoridades lo tocante a seguridad para los campamentos; rayará a los operarios, y en una palabra, hará todo cuanto fuese menester para que los comisionados se consagren por entero a su labor científica. Todos los gastos serán debidamente comprobados, de acuerdo con las reglas que rigen en la Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, o las que ésta dicte en lo sucesivo.

5. El proveedor vigilará que por ningún motivo excedan los gastos mensuales de la suma presupuesta y que consta en hoja separada.

Cualquier gasto imprevisto de carácter urgente se cargará al presupuesto del mes siguiente.

6. El jefe de la Comisión, así como el proveedor, tendrán especial cuidado de que la Comisión lleve consigo, al salir de la capital, todos los útiles, libros, aparatos, herramientas y planos que puedan necesitar durante sus trabajos. Entre los planos, llevarán los mapas de la oficina hidrográfica de los Estados Unidos, los cuales se mandarán amplificar.

7. El señor don Angel Aguilar, al formar parte de esta comisión con el carácter de proveedor, cesará de plano en sus funciones como Secretario del Instituto Geológico, las que reasumirá al terminar su misión; así pues, por ningún concepto despachará correspondencia alguna, con el referido carácter de secretario, ni se dirigirá a ninguna autoridad, corporaciones o particulares con otros fines que no sean los especificados en estas instrucciones.

8. Los planos se construirán, por regla general, por procedimientos gráficos, y se dibujarán a la escala que el jefe de la comisión acordare, en hojas de papel grueso, en el mismo sitio de las operaciones o en la población o lugar que el proveedor, de acuerdo con el jefe de la comisión elija, a fin de que puedan desde luego ser utilizados por los geólogos; pero a la vez se mandará un ejemplar con copia exacta de los registros y cálculos a la Jefatura del Departamento para que, en la sección de topografía y dibujo sean revisados los cálculos y construídos los planos con mayor esmero.

9. Toda remisión de planos, cálculos, ejemplares minerales o informes, se hará precisamente por conducto del proveedor, quien al efecto se instalará en condiciones que le permitan estar en contacto con el personal de la comisión técnica.

10. Los informes especiales del jefe de la Comisión los podrá mandar directamente al Jefe del Departamento.

11. Tanto para las aguas subterráneas como para el petróleo, se marcarán en los planos, con colores convencionales, las zonas dudosas, probables y evidentes, ya sea, tratándose de estas últimas, porque existen sin duda alguna dichos flúidos, ya que porque se considere imposible encontrarlos.

12. El jefe de la Comisión, en vista de los datos recogidos, irá señalando los sitios en que convenga hacer alguna perforación, especificando su objeto y la profundidad a que convenga llegar con ella.

13. En el local ocupado por el proveedor se instalarán instrumentos meteorológicos, cuya lectura y registro diario estará a cargo del expresado empleado.

14. El jefe de la Comisión y el proveedor, así como el jefe de topógrafos llevarán cada uno un diario de trabajo que permitirá conocer, en cualquier momento cómo se ha empleado el tiempo.

15. El jefe de la Comisión reunirá esos diarios y los remitirá con las observaciones pertinentes, como anexos a los informes, el día 15 y último de cada mes, al Jefe del Departamento.

16. Con los informes quincenales a que alude la cláusula anterior, se remitirán también las fotografías y las negativas correspondientes, así como los planos y los croquis enumerados y clasificados y con señas claras y precisas de lo que representen.

17. Ni el jefe de la Comisión, ni el proveedor, ni ninguno de los demás miembros de la Comisión, proporcionarán datos a los particulares o a las

autoridades respecto de sus trabajos; ni menos proporcionarán acerca de ellos informes a la prensa; pero sí estarán preparados para dar algunas conferencias públicas, de acuerdo con el jefe del Departamento, en las poblaciones donde más interés puedan despertar tales conferencias.

18. Siempre que para efectuar algún estudio, fuese menester operar en terrenos de propiedad particular, se solicitará por conducto del proveedor, el permiso escrito del dueño del terreno.

Por último, se recomendó a la comisión que acatara las prescripciones reglamentarias generales que están vigentes en el departamento, para todas las comisiones que salen a trabajos de campo.

El personal se dividió en dos partes: una compuesta por los señores ingenieros Leopoldo Salazar Salinas, Miguel Bustamante, Vicente Gálvez, y el ayudante David Enríquez Ruiz, que salió de esta capital el 22 de febrero de 1919; y el resto a cuyo frente iba el señor don Angel Aguilar, que según instrucciones recibidas, demoró su salida en espera de órdenes que posteriormente se le darían.

Como antes indiqué, la primera parte del personal, dejó esta capital el 22 de febrero del año citado y se dirigió a La Paz, capital del Distrito Sur de la Península de Baja California, viaje que hizo sin novedad de gran importancia, y cuya relación se encuentra en el informe que el señor Salazar rindió en su oportunidad.

INFORME que presenta el suscrito, Jefe del Departamento de Exploraciones y Estudios Geológicos y Director del Instituto Geológico de México, con motivo de la expedición llevada a cabo por él a los Estados del Pacífico.

Objeto de la expedición

El ciudadano Presidente de la República, comprendiendo la importancia de que se estudiara la costa del Pacífico, especialmente desde el punto de vista de la geología del petróleo, acordó que se organizara una expedición, que efectuara el estudio a la mayor brevedad posible.

Como ampliación a la idea del Primer Magistrado de la Nación, se dignó acordar el ciudadano Secretario de Industria que yo saliera a instalar personalmente a la Comisión en el lugar que debiera ser campo de sus primeras operaciones y que en seguida pasara a efectuar una visita a la State Mining Bureau, de California, con cuyo director ya estaba yo en correspondencia, para enterarme de sus procedimientos de trabajo, para visitar los campos petrolíferos y para ver qué provecho en favor del Instituto podría sacarse de tal visita, llevando además las comisiones de contratar allá los servicios de un petrografista que viniera a efectuar los trabajos del ramo y enseñar el manejo del microscopio a dos ingenieros mexicanos y la de comprar algunos instrumentos que eran necesarios para la Comisión Exploradora del Pacífico.

Obedeciendo tal acuerdo que el ciudadano Secretario de Industria, Comercio y Trabajo se sirvió comunicarme verbalmente en 19 de septiembre de 1918, procedí empeñosamente a organizar la expedición y a formular su programa de trabajos, todo lo cual estuvo listo el 21 de noviembre del mismo año, fecha en que rendí el correspondiente informe, habiendo tropezado con no pocas dificultades, pues por aquel entonces el personal del Instituto estaba completamente desintegrado y apenas contábamos con los empleados indispensables para los servicios más urgentes.

Sólo tuvo que quedar pendiente lo relativo al punto por donde convendría iniciar los trabajos. Para resolver esto, se presentaban tres caminos: o dividir el territorio en zonas regulares limitadas por los arcos de círculos meridianos y paralelos y estudiar uno por uno los cuadrados resultantes, como se hace en los Estados Unidos Americanos, o dividir el territorio por

los accidentes naturales (ríos, cordilleras, etc.) en vista de lo dilatada que resultaría la división geodésica; o, por último, fijarse en el punto de mayor expectativa y empezar por allí el estudio, sin dejar de limitar las zonas abarcadas por accidentes naturales, a fin de ir enlazando los estudios y cubriendo gradualmente toda la extensión del país.

Opté por este último medio y entonces tropecé con la dificultad de que ni los ciudadanos gobernadores, ni los ciudadanos diputados y senadores, representantes de las regiones respectivas, ni los presidentes municipales ni los agentes de las diversas Secretarías de Estado, a quienes me dirigí, estuvieron en posibilidad de ministrar datos suficientemente precisos.

Por otro lado, en este Instituto se había impreso el Boletín 35, que trata de "El Petróleo en la República Mexicana," cuyo autor, jefe en aquel entonces de la Sección de Estudios Geológicos de las formaciones petrolíferas, incluye en la página 205 un mapa de la distribución geográfica de los criaderos, señalando con color rojo los terrenos petrolíferos explorados. Siendo ese un trabajo oficial, que ha costado bastante, pues su autor no se ocupó de otra cosa durante muchos meses, consideré que en él debería encontrar la clave para elegir los puntos de ataque; más, desgraciadamente, no fué así.

En tal virtud, el plan que formulé y que la Secretaría aprobó, consistió en salir personalmente con una parte de la Comisión, a efectuar un recorrido rápido en los Estados de Sinaloa, Sonora y el Territorio de la Baja California, y llamar al resto de la Comisión tan luego como tuviera elegido el sitio de trabajo.

Primero, algunas dificultades para integrar el personal, después la escasez de fondos, y por último, la irregularidad de haber salido de aquí la segunda parte de la Comisión prematuramente, sin esperar mi aviso, fueron otros tantos motivos que impidieron el llenar esa parte de mi programa; por lo cual, deseoso de ganar tiempo, modiflqué mi plan y de Mazatlán proseguí mi exploración por los Estados de Sinaloa, Sonora y región central de la Baja California, en compañía del ingeniero Vicente Gálvez, subjefe de la Comisión, y mandé al jefe de ella a La Paz, a efectuar el recorrido de la parte extrema de la Península, acompañado por el jefe de mineros exploradores David Enríquez Ruiz.

Esta modificación al programa pudiera haber permitido el realizarlo satisfactoriamente si hubiera yo contado con una cooperación franca y hábil por parte del jefe de la Comisión, lo que, desgraciadamente, no fué, pues dicha persona, mientras el señor Gálvez y yo realizábamos a conciencia nuestra parte de trabajo, permaneció enteramente inactivo, lo que retardó la realización del trabajo.

Reseña de las expediciones

Aprovechando las dilaciones inherentes a la falta de comunicaciones expeditas, tuvimos que permanecer unos días en Guadalajara y los aprovechamos en hacer una visita al magnífico corte natural que constituye la barranca de Oblatos, en cuyo fondo corre el río de Santiago.

La rápida visita que hice a esta parte del Estado, ubicada hacia el E. de Guadalajara, me permitió observar la formación de toba pomosa que se utiliza como material de construcción en la fabricación de adobes que deben ser de muy buena calidad. Esta formación reposa sobre un derrame basáltico, que aflora en varios puntos del camino.

Es en esta barranca de Oblatos donde existen los manantiales termales, cuyas aguas han sido recientemente analizadas en el Laboratorio de Química de este Instituto.

En Colima, permanecimos varios días, en espera del arribo de un vapor a Manzanillo sin que nos hubiera sido dable efectuar ninguna excursión, como lo hubiera yo deseado, debido a la inseguridad en que la región se encontraba.

Aproveché parte de nuestra larga y tediosa espera, en celebrar entrevistas con los señores ingenieros Bustamante y Gálvez a fin de precisar cuál era el objeto de la expedición a la Baja California y cuáles los medios de llevar a cabo los trabajos.

El señor Bustamante, fingiendo desconocer las ideas de la Secretaría, que en este Departamento se le expusieron oportunamente con toda precisión, pretendió eludir responsabilidades en el éxito de los trabajos, lo que me obligó a darle por escrito instrucciones más precisas, que constan en el anexo número 1, a este informe, además de las explicaciones verbales amplias, de todo lo que quedó igualmente enterado el señor ingeniero Gálvez.

Uno de los puntos más interesantes, tratados en esas conferencias, fué el correspondiente a las perforaciones que podrían hacerse, punto acerca del cual, las ideas del señor Bustamante eran del todo distintas de las mías; pues él sostenía que deberían efectuarse perforaciones profundas en busca de petróleo, lo cual habría dado a nuestras investigaciones el carácter de exploraciones industriales que no caben ni dentro de los medios disponibles, ni dentro del objeto de la Comisión.

Las instrucciones que dí a la Comisión a este respecto, obedecen al criterio de que las perforaciones que hagamos no deben efectuarse sino hasta que se localicen, justificadamente, los puntos en que convenga, bajo el concepto de que su objeto será el de reconocer las formaciones subterráneas, para relacionarlas estructuralmente con las observadas en la superficie, o para establecer su orden de sucesión, según los casos. Sólo en algún caso excepcional podrán hacerse perforaciones más profundas de 50 metros, previa consulta a este Departamento.

En efecto, estando el problema capital de la acumulación del petróleo, en íntima relación con las estructuras de las capas sedimentarias, el definir esas estructuras es el objeto capital del estudio. En algunos casos se podrá aventurar una hipótesis más o menos fundada, tanto más cuanto mayor acopio de datos se tengan con la sola observación de la superficie del terreno; pero quizá haya casos en que, por falta de barrancas o cortes naturales, o por estar cubiertas las formaciones por depósitos recientes más o menos gruesos, no se puede hacer esa hipótesis sin recurrir a una perforación y de allí la necesidad de efectuarlas dentro de los límites impuestos por los elementos económicos de que se dispone.

Visitando las oficinas públicas y a algunos particulares, recogí importantes datos acerca de riquezas minerales que existen en el Estado, y que serán objeto de un estudio cuando llegue la oportunidad.

Entre estos productos se encuentran calizas y cementos, yeso, mármoles, salitre, yacimientos de fierro, de cobre, de oro y de plomo.

En Mazatlán visitamos algunos lugares cercanos a la población y encontramos que existen vetillas auríferas, armando en rocas andesíticas alteradas. Supimos que en ciertos lugares de la costa se advierten manchas de chapopote.

Visitamos las oficinas de la agencia de la Secretaría de Fomento, que, según parece, están ligadas con las de la Comisión Catastral y de estudio de los recursos naturales del Estado de Sinaloa. Allí tuve la satisfacción de ver que ya se ha levantado, con bastante detalle, el plano de una gran parte de la Municipalidad de San Ignacio, entre Mazatlán y Culiacán, y como el agente de la Secretaría, señor ingeniero don Jesús González Ortega me aseguró que pondría a disposición del Instituto Geológico todos los datos de planificación que obran en su poder y análogo ofrecimiento tuve del ciudadano Gobernador del Estado, vi que en realidad, mucho se ha adelantado en esa región, y su estudio geológico sería relativamente rápido y sin duda muy interesante.

El señor González Ortega desde hace tiempo ha estado remitiendo al Instituto, ejemplares de rocas que aquí han sido clasificadas y cuya ubicación es bien conocida, de suerte que esa parte del trabajo puede considerarse también como avanzada.

Desgraciadamente, lo limitado del personal del Instituto no ha per-

mitido mandar una comisión a emprender el estudio; pero es una de las primeras cosas que someteré a la aprobación de usted, tan luego como, pasado el temporal de aguas, se puedan iniciar esas labores de campo, a cuya ejecución contribuirá además el Gobierno del Estado.

En la ciudad de Culiacán revisé los archivos del Departamento de Fomento del Gobierno del Estado, escogiendo planos que aún no han llegado, pero que espero llegarán próximamente, y también servirán para el estudio de la región.

Visité algunos lugares cercanos a Culiacán, entre ellos una mina llamada del Chichí, donde se explota un filón de minerales de vanadio y de plomo, de los que traje regular número de ejemplares, así como de otras regiones del Estado, que me fueron bondadosamente proporcionados por algunos ingenieros de minas residentes, quienes estarán dispuestos a ayudar a la comisión exploradora que vaya, con los muchos datos que poseen y aún incorporándose temporalmente a la comisión.

Los minerales predominantes en la veta del Chichí son vanadinita, rodeando frecuentemente a núcleos de galena y wulfenita.

A primera vista, parece este filón una formación de sustitución metasomática, relacionada con algún dique o intrusión rhyolítica.

En las inmediaciones de Culiacán existe una arenisca bastante compacta, de la que fabrican losas para los pisos; y hay también un banco de marga, que en varios lugares aflora, que utilizan para entortados para techos.

Tuve que hacer una excursión al puerto de Altata, con el objeto de conocer los sitios en que el ingeniero Peragallo, hizo algunas exploraciones. Con la bondadosa compañía del señor ingeniero Estrada, jefe del Departamento de Fomento del Gobierno del Estado, hicimos tal excursión sin haber hallado ninguna excavación de las que hizo el señor Peragallo, pues ya están tapadas con la arena. Solo vimos algunas costras de Chapopote aglutinado con arena, seguramente "flotado," y el señor ingeniero Estrada me dió otro ejemplar de este mismo chapopote, recogido por él durante otra excursión que hizo, y cuyo ejemplar está mezclado con restos de hilaza.

En Culiacán encontré al señor ingeniero de minas, don Carlos Talancón, persona que por muchos años ha trabajado en el Estado y que posee una buena documentación, que ofrece poner a disposición de la comisión que vaya a explorar aquella importante porción del país.

Con la bondadosa cooperación de dicho caballero, formamos una colección de 20 ejemplares minerales procedentes de varios puntos del Estado.

De la capital de Sinaloa, nos trasladamos a Guaymas, en cuyo puerto me puse en contacto con los representantes de la Compañía El Boleo, con el inspector de industrias, señor Zárate y con el administrador de la Aduana. Con los primeros y el último hice algunos arreglos relativos a la situación de fondos para la Comisión de la Baja California, mismos que comuniqué a usted desde luego en mi carta fechada el 18 de marzo.

El 20 de marzo salimos para Santa Rosalía, en cuyo puerto fuimos cordialmente recibidos por el capitán del puerto y por el señor ingeniero don Raoul Plouin, gerente de la Compañía Minera, quien, por intermedio de amigos míos, tenía conocimiento de mi arribo.

Mientras se arreglaba nuestro viaje a La Paz, cosa no muy fácil, pues no existen sino pequeñas lanchas, hicimos una visita a parte de las minas de la compañía, y a varios puntos de los alrededores, como excursiones de reconocimiento geológico.

Como es sabido, la explotación minera es sobre mantos casi horizontales, cuya potencia varía entre 15 y 90 centímetros, siendo covellita el mineral dominante.

Desde el punto de vista geológico, ofrecen estos criaderos las particularidades siguientes: arman en tobas, llevando a veces al bajo un conglomerado; el cuerpo mineral se encuentra en algunos lugares penetrado por diques intrusivos de brecha traquítica; la distribución de la mineralización es de tal manera uniforme, que el cálculo de contenido, podría hacerse por

metro cuadrado de proyección horizontal; la toba, en su contacto con el cuerpo mineral presenta una estructura bandeada.

La formación general de la región es de marga calcárea, alternando con tobas y cubierta por gruesa capa de conglomerado, del que forman parte fragmentos de andesita, de rocas traquíticas y esencialmente de basaltos de olivino.

Cuando se realice un estudio metodizado de estos criaderos, deberán estudiarse, además de la naturaleza, origen y edad de los depósitos minerales, las fallas que existen, y la distribución real de la mineralización, la cual, en otros tiempos, no se decía que fuese tan uniforme como ahora se cree.

Entiendo que éste debe ser uno de los minerales típicos que la sección de estudios geológicos-mineros ha de estudiar en detalle, de acuerdo con el programa que ya se ha formulado.

La formación sedimentaria se considera de fines del Terciario.

Al Norte de Santa Rosalía, recorrimos el arroyo llamado del Boleo, cuyas paredes están formadas por gruesos bancos de yeso en sedimentación bastante uniforme hacia el SW., aunque abundan las grietas con cristalizaciones y se observan también derrames de basalto escorioso muy alterado, que quizá provenga de un cerro que separa el arroyo del Boleo del de el Infierno.

Sobre el lecho del arroyo se ven grandes masas de brecha de conchas.

Para definir la génesis de esta formación de yeso sería menester un estudio detenido. Mis observaciones son resultado de una simple "vista de ojos."

De esta región traje una colección de muestras colectadas por el señor ingeniero Gálvez y por mí, que próximamente serán estudiadas.

Efectuado este reconocimiento en la región de Santa Rosalía, hice una visita a Mulegé pequeño puerto situado a unos 114 kilómetros al Sur de Santa Rosalía.

Esta es una región muy importante desde el punto de vista agrícola, en donde quizá se debiera fomentar el cultivo en grande escala, de la vid y de varios árboles frutales.

Han llamado la atención desde hace muchos años, los criaderos de manganeso, que al Sur de Mulegé existen y que actualmente son motivo de gran interés por parte de exploradores norteamericanos, cuyas tiendas de campaña divisé a lo lejos.

Estos criaderos deben también ser estudiados especialmente desde el punto de vista de los fenómenos de sustitución metasomática, que algunos geólogos creen haber observado; así como desde el punto de vista industrial, toda vez que se ha calculado que contienen un volúmen aprovechable de más de cinco millones de toneladas.

Llegado al punto objetivo de mi excursión, que fué el puerto de La Paz, organicé desde luego, bajo los auspicios del ciudadano Gobernador del Distrito Sur, una visita de reconocimiento a la región entre La Paz y Todos Santos, en las inmediaciones de cuyo lugar se decía insistentemente que existían indicios de emanaciones de petróleo.

La predominancia de rocas plutónicas en aquellas costas, me hizo ver desde luego que había pocas esperanzas de que tales indicios existieran, a menos que se hallaran en algunas pequeñas zonas ocupadas por formaciones sedimentarias miocénicas; pero en cambio, se advirtió que la región es interesante desde el punto de vista de la existencia de criaderos minerales diversos; por lo cual, y teniendo en cuenta la premura del tiempo, indiqué al jefe de la Comisión la conveniencia de empezar en esa región sus operaciones de exploración, encaminándose de preferencia hacia el Norte.

Todavía antes de separarme de los comisionados, y deseando subsanar las dificultades que preveía yo, dejé cartas a los soñores Bustamante, Gálvez y Aguilar, precisando las instrucciones anteriormente dadas y resolviendo los casos de conflictos posibles. (Anexo núm. 2.)

Volví a Guaymas y proseguí sin demora hacia Hermosillo, lugar donde

permanecí unos días, visitando las oficinas del Gobierno, encargadas de la planificación y la Agencia de Fomento. En ambas hice selección de planos y se me ofrecieron copias que aún no recibo.

El Distrito de Alamos está levantado con triangulación, y de los otros Distritos existen buenos planos, aunque incompletos; de suerte que, con poco esfuerzo, creo que podrán completarse los levantamientos y emprender el estudio geológico-industrial de todo el Estado.

De los Distritos de Hermosillo, Ures y Magdalena, existen planos bastante buenos, cuyas copias espero de un día o otro.

No estaba en Hermosillo el ciudadano Gobernador, general Calles; pero su secretario general me dió todas las facilidades para obtener la documentación referida.

Terminada esta primera etapa de mi viaje, que abarcó un período de 37 días, seguí hacia San Francisco California, deteniéndome unas horas—las que el tren se detiene—en Los Angeles, en cuya ciudad visité la Biblioteca Pública, atendida por señoritas y en la cual los libros, catalogados en tarjetas, son ministrados sin trámites enojosos a los centenares de lectores que incesantemente invaden los cuatro pisos del edificio, y a muchos de los cuales se les proporcionan los libros, sin grandes formalidades, para que los lleven a sus domicilios por un plazo de dos semanas, pasado el cual, tienen que pagar una cuota diaria de unos centavos, que recaudan las mismas empleadas de la biblioteca.

Las personas que quieren hacer consultas breves toman ellas mismas los libros de los anaqueles.

¡Qué contraste entre tanta abundancia y tanta libertad, con lo que ví en la raquítica biblioteca de Guaymas, en la que, en muchos días, el señor ingeniero Gálvez y yo fuimos los únicos lectores, habiendo ido a consultar una interesante obra que allí encontramos y que trata de los antecedentes industriales de Sonora y Baja California!

Deseando no demorar ya por más tiempo este informe, que mis muchas ocupaciones en el Departamento no me han dejado redactar tan pronto como lo deseaba, me reservo para presentar otro informe relatando mis trabajos en los Estados Unidos, lo que haré a la mayor brevedad posible.

Espero que usted y el ciudadano Presidente de la República se dignarán aprobar mi gestión, consignada en el cuerpo de este informe, y aprovecho la oportunidad para reiterarle las seguridades de mi consideración más distinguida.—Constitución y Reformas.—México, D. F., 14 de julio de 1919.—El Jefe del Departamento.—Al ciudadano Subsecretario de Industria, Comercio y Trabajo.—Presente."

*
* *

Como las comunicaciones no prestaban las facilidades necesarias para el transporte del personal de la primera parte de la Comisión, hubo varias demoras, sobre todo al alcanzar las aguas del Pacífico, pues los vapores tocaban el puerto de Manzanillo con alguna dilación, siendo indispensable por lo tanto sufrir detenciones pasándose la mayor en Colima.

El señor Salazar en vista de estas demoras y teniendo en cuenta que la Comisión habiendo salido fuera del tiempo oportuno, y por consiguiente de la época mejor para la ejecución de los trabajos, poco aprovecharía, reformó en Colima, el programa que antes había formulado, haciéndolo conocer al jefe y subjefe de la Comisión por medio de la siguiente carta fechada el 4 de marzo de 1919.

Colima, 4 de marzo de 1919.—Señor ingeniero don Miguel Bustamante.—Presente.—Muy señor mío:—En noviembre próximo pasado entregué a usted el programa para los trabajos de la Comisión Exploradora del Pacífico, contenido en un preámbulo y tres anexos.

En vista de las demoras que, por causas independientes de mi voluntad, ha venido sufriendo ese trabajo, siendo la última de ellas la originada

por la falta de vapor en que hacer la travesía a Mazatlán, he formulado un programa más concreto que tiende sobre todo a procurar que el estudio geológico se inicie a la mayor brevedad, para ver de recuperar una parte del tiempo perdido. Para tal efecto, prescindiré de la compañía de ustedes en mis visitas a las regiones de Sonora y Sinaloa y ustedes se dedicarán, tan luego como lleguemos a La Paz, a iniciar el estudio de la región situada al Norte de dicha ciudad, cerca de la costa del Golfo; cuyo estudio se sujetará al programa delineado en el anexo número 1 que ya cité y que paso a detallar, en lo que es necesario.

1. Por medio de itinerarios convenientemente elegidos, que cada geólogo seguirá, se tomarán los datos relativos a la geología general de la zona elegida, teniendo presente la necesidad de completar, ratificar o rectificar los datos ya conocidos y de los cuales tiene la Comisión un acopio, en cuya recolección se ocuparon bastante tiempo los miembros de ella, antes de salir de México.

Durante este estudio no se perderá de vista la liga que pudiera existir entre las formaciones de la Alta California y las de la Península, las cuales, según Gabb, son una simple prolongación de las "Coast Ranges;" lo que ha sido negado por geólogos respetables de nuestro país.

Al llevar a cabo esta parte de trabajo, se ha de tener presente lo asentado en la cláusula 1 del anexo número 2 ya citado.

El estudio al que me vengo refiriendo, no sólo comprenderá la recolección sistemática de muestras de rocas, minerales y fósiles; sino muy esencialmente la identificación de algún horizonte estratigráfico, cuya posición será minuciosamente fijada.

Se tomarán muestras y datos de los yacimientos minerales que puedan encontrarse, entre otros, magnesita, mercurio y ónix, de cuya existencia se tienen noticias.

2. Simultáneamente se irán reuniendo datos para el estudio fisiográfico de la región, el que no ha de ser simplemente descriptivo, sino que teniendo en cuenta que las formas actuales raras veces son efecto de fenómenos orogénicos primitivos, se estudiarán las modificaciones posteriores debidas a la erosión fluvial, marítima o eólica; a las fallas; o a las emisiones ígneas de naturaleza varia. Hay que procurar establecer las relaciones entre las formas actuales y las causas que les han dado origen.

3. Las formaciones sedimentarias, se estudiarán en detalle, tendiendo a establecer la correlación entre ellas y las de otros terrenos similares.

4. Se localizarán y muestrearán todos los afloramientos de rocas ígneas que se encuentren, definiendo su forma de yacimiento y estudiando sus asociaciones y sus efectos sobre las formaciones sedimentarias.

5. Se tomarán todos los datos para la ubicación de fallas, manantiales, chapopoteras, grietas, y en general, cuantos accidentes puedan tener influjo en la posible acumulación de petróleo; haciendo una descripción pormenorizada de cada uno de estos accidentes, cuando el caso así lo requiera.

6. Se estudiarán y describirán los cauces de los ríos, tanto en lo relativo a su régimen fluvial, como en cuanto a la procedencia y naturaleza del material acarreado.

7. En el caso de que los planos disponibles se consideren suficientes para la consignación del detalle geológico, los topógrafos se ocuparán en hacer perfiles o en levantar detalles, teniendo presente lo que dice la cláusula 8 del anexo número 1 citado.

8. Siendo innecesario repetir lo que consta en los anexos a que varias veces he hecho referencia, y que deberá observarse debidamente, me limito a recordar con especialidad lo que se dice en la cláusula 17 del anexo 1, y sobre todo, por lo que toca al trabajo técnico, lo consignado en la cláusula 20 del anexo 2.

9. En cuanto a perforaciones, no se emprenderán sino hasta que, estando el estudio suficientemente adelantado, se pueda saber, de una manera indudable, qué sitios son los más adecuados para efectuarlas, teniendo presente que dichas perforaciones tienen por objeto principal el de proporcio-

nar los datos que el examen superficial del terreno no hubiera podido dar, y sólo en casos excepcionales, una exploración aislada que defina la sucesión de las formaciones o que vaya en busca de algún yacimiento petrolífero.

10. En el primer caso, es decir, aquel en que se trate de recoger datos para identificar alguna formación, las perforaciones no excederán de una profundidad máxima, que en cada caso se fijará, prefiriéndose, por regla general, hacer varias perforaciones, cuyos resultados se combinen más bien que una sola, que dé resultados aislados.

11. Cuando se crea justificado hacer una perforación de más de cincuenta metros de profundidad, se consultará previa y oportunamente el caso con el departamento, expresando el objeto de la perforación y las razones que la justifiquen.

12. En ambos casos, se fijarán topográficamente los sitios de las perforaciones, los cuales quedarán además, descritos en los informes y marcados en el terreno, de tal manera que sean fácilmente identificables.

13. El jefe de la Comisión investigará quiénes son los dueños de los terrenos que se van a estudiar; averiguará si están o no denunciados, total o parcialmente, como fundos petrolíferos y dará conocimiento de estos datos, por telégrafo al jefe del Departamento, sobre todo si se tratase de terrenos en los que haya que hacer perforaciones. Mientras el subscrito se encuentre ausente de la ciudad de México, todos los informes, telegramas, etc., deberán remitírsele al punto que él oportunamente designará, mandando copias al Instituto Geológico de México.

14. En caso de que los servicios de los topógrafos no llegasen a ser indispensables, ya porque terminen la parte de trabajo que les corresponda, o porque los planos existentes sean suficientes, podrá destinárseles a trabajos geológicos a quienes estén en aptitud de ejecutarlos, tales como los señores Gómez, Orozco y Villatoro; o bien, podrán proceder al levantamiento de alguna región contigua que se prepare para ser estudiada posteriormente, como pudiera ser, por ejemplo, alguna de las islas del Golfo de California.

De usted afmo. y S. S.—*L. Salazar.*

*
* *

Después de una corta permanencia en Manzanillo, fué posible por fin la salida para Mazatlán; en este puerto volvió a dividirse el personal, dirigiéndose el señor ingeniero Miguel Bustamante, acompañado del jefe de mineros exploradores David Enríquez Ruiz, directamente a La Paz, Baja California, y los señores Leopoldo Salazar Salinas y el que suscribe, hacia Guaymas, visitando en nuestro trayecto Culiacán y los puertos de Altata y Guaymas, a fin de recoger datos que servirían para proyectar futuras excursiones, así como para comprobar ciertas noticias que se habían publicado en la prensa de Mazatlán, sobre la existencia de grandes receptáculos petrolíferos en Altata.

De Guaymas seguimos para Santa Rosalía, donde fuimos recibidos con toda clase de atenciones por el personal directivo de la Negociación del Boleo, y por lo que aprovecho este escrito para hacerles presentes mis agradecimientos; después de algunas excursiones que nos sirvieron para visitar la mina de Providencia y el arroyo del Boleo, salimos para La Paz, a donde llegamos el 23 de marzo del año antes indicado, reuniéndonos allí con el señor Bustamante.

En La Paz fuimos presentados con el señor general Mezta, Gobernador del Distrito Sur de la Baja California.

Este señor acogió con verdadero entusiasmo a la Comisión y haciendo uso de los recursos de que disponía, facilitó la manera de que el señor Salazar, en su corta permanencia en aquel territorio, hiciera algunas excursiones que le permitieron visitar Todos Santos y El Pescadero.

A consecuencia de lo observado en el terreno, el jefe del Departamento de Exploraciones y Estudios Geológicos, amplió las instrucciones que tenía ya dadas, haciéndolo conocer al jefe y subjefe de la comisión por carta fechada en la Paz, Baja California, el 26 de marzo de 1919.

La Paz, Baja California, marzo 26 de 1919.—Señor ingeniero don Miguel Bustamante.—Presente.—Muy señor mío:—No habiendo encontrado en esta población, como yo lo esperaba, al señor don Angel Aguilar, considero conveniente hacer constar en esta carta algunos pormenores en lo que es indispensable que usted y el señor ingeniero Gálvez, en su caso, marchen en perfecto acuerdo con el referido señor Aguilar, para lo cual doy copia de esta carta a cada uno de los mencionados señores.

Todo lo contenido en esta carta lo he expresado a usted verbalmente. Es como sigue:

I. Los programas de trabajo, tanto el general expedido en México en noviembre de 1918, como el más detallado fechado en Colima el 4 de marzo en curso, no implican ninguna taxativa para que usted, o en su caso, el subjefe de la Comisión, organicen el trabajo en la forma que estimen más conveniente y adopten los procedimientos técnicos que crean más adecuados, para llenar el programa; por lo tanto, el éxito de la expedición, en lo que atañe al trabajo técnico, será de la exclusiva responsabilidad de usted, o de su substituto, en caso de que a él le toque dirigir, por ausencia de usted, el trabajo. Me permito esperar que corresponderán ustedes ampliamente a las esperanzas del gobierno nacional, y por lo que toca a sus relaciones con el Departamento de mi cargo, mucho sería de desearse que se limitaran a consignar hechos y no disculpas, lo que no dudo que harán dados sus honrosos antecedentes de laboriosidad y decoro profesional.

II. El señor don Angel Aguilar está perfectamente enterado de sus obligaciones como proveedor, y yo que le conozco desde hace muchos años no abrigo la menor duda respecto del exacto cumplimiento que dará a sus deberes, especialmente de los consignados en las cláusulas 4 y 5 del anexo número 1 al programa general; pero, para no dejar duda alguna a este respecto, hago constar que el señor Aguilar asume la obligación más estrecha de ministrar a usted todos los elementos de alojamiento, víveres y transportes que sean necesarios para el desarrollo de su trabajo.

III. El trabajo que usted va a dirigir debe ser esencialmente, de campo; de suerte que la permanencia del personal técnico en las ciudades, sólo en el caso de enfermedad, descanso o comisión del servicio, se considerará justificada. El proveedor se instalará en el lugar que estime más adecuado para atender a las necesidades del servicio, en lo tocante a transportes, víveres, alojamientos, pagos, correspondencia, etc., asuntos en los cuales no tendrá usted por consiguiente que distraer su atención.

IV. En el caso, casi imposible por remoto, en que el proveedor fuese causante de que los trabajos se resientan, por no cumplir con los deberes que su cargo le impone, usted dará aviso al suscrito, por la vía más rápida, para que se ponga el remedio.

V. Queda enteramente al arbitrio de usted el elegir el punto por donde deban de empezar los trabajos; siendo mi opinión personal que convendría iniciarlos desde luego, tomando como centro de operaciones el punto llamado El Pescadero, en la jurisdicción de Todos Santos, que ayer visitamos, pues es a todas luces una región digna del mayor interés, aunque no se encuentren los indicios de petróleo de que tanto se nos ha hablado.

Creo indispensable que desde luego procedan usted y el señor Gálvez al trabajo, pues temo que el tiempo de que se dispone sea corto para la magnitud de la labor y por eso lamento que habiendo usted llegado a esta población desde el día 19 no hubiera dado desde luego como en Mazatlán se lo recomendé, los pasos necesarios para organizar sus operaciones.

IV. Según los preceptos que rigen en el Instituto Geológico, los jefes de comisión tendrán que rendir un informe quincenal al suscrito. En vista de la dificultad que hay para las comunicaciones, suplico a usted que su

primer informe abarque los días que transcurran hasta el 31 de marzo y me lo remita a San Francisco, California, U. S. A., al cuidado del Consulado Mexicano en esa ciudad, desde la cual escribiré a usted indicándole a donde ha de remitirme los informes subsecuentes.

VII. La cuenta comprobada de la inversión de los fondos que he entregado a usted desde nuestra separación en Mazatlán y de los que siga recibiendo mientras el señor Aguilar se presenta, se servirá usted entregarlas, así como el saldo en efectivo que pueda existir en su poder, al referido señor Aguilar, quien le otorgará el correspondiente recibo y a cargo de quien seguirá, desde ese momento, el manejo de los fondos.

De usted afmo. y seguro servidor.—*L. Salazar S.*

*
* *

Terminadas las gestiones del señor Salazar, a fin de asegurar en lo posible el éxito de la Comisión, partió hacia los Estados Unidos para dar cumplimiento a lo que se le había encomendado, quedando la primera parte de la expedición, en espera del resto del personal, a cuyo frente iba, como ya se indicó, el señor Angel Aguilar.

Acompañando al señor ingeniero Bustamante, el domingo 30 de marzo, salimos para recorrer una parte del terreno que se extiende en los alrededores de La Paz, habiendo efectuado un intinerario rápido que tocó los puntos de La Paz, La Campana, Cananea y Juan Márquez, y de cuyo resultado dí cuenta en los informes que rendí con fechas 3 y 19 de mayo y que se expondrán a su debido tiempo.

El día 1.° de abril, a las cinco de la tarde llegó el resto de la comisión a bordo del pailebot "Raúl," habiendo empleado nueve días de navegación entre Mazatlán y La Paz; nuestros compañeros arribaron muy fatigados después de esa travesía, en que a las incomodidades propias del barco, se unieron los peligros en que se vieron, pues baste saber que el barco ya indicado es chico, no está acondicionado para transportar pasajeros, y sólo se atrevieron a tomarlo por no entorpecer los trabajos de la expedición.

Atendiendo a la cláusula V de la carta del señor Salazar, fechada en La Paz el 26 de marzo, el señor Bustamante acompañado por mí y por el jefe de mineros exploradores, salió rumbo al Gaspareño, en la costa del Pacífico; el 2 de abril salimos de La Paz para Todos Santos, tocando en este recorrido La Paz, Los Bledales, El Mezquitito, San Pedro de La Paz, Santa Rita, Las Cuchillas de Santa Rita y Todos Santos; anotando lo poco que se pudo observar, pues se hizo el camino en automóvil, y habiendo dado cuenta de él en los informes de 3 y 19 de mayo.

El 3 de abril permanecimos en Todos Santos, a fin de conseguir medios de transportarnos a la Boca de San Jacinto y al Gaspareño; el jefe de la Comisión pensó en este lugar utilizar, desde luego, los servicios del personal recién llegado, y al efecto designó una sección de geología integrada por los señores Enrique Díaz Lozano, como jefe, y los practicantes Othón Salvador Orozco y Jorge A. Villatoro como ayudantes, para que estudiaran la sierra de San Lázaro, en su trayecto desde las inmediaciones de La Paz, hacia el Cabo San Lucas.

Para el efecto se remitieron por correo, en el mismo día dos oficios, firmados por el señor Bustamante, uno para el señor Lozano, con el fin ya indicado, y otro para el jefe de la sección de topografía, señor ingeniero Julio Gómez, para que procedieran al arreglo de los útiles que se emplearían en el trabajo, que pronto se le designaría.

El 4 de abril partimos para la Boca de San Jacinto, tocando como punto intermedio, El Palmar; dirigiéndonos el día 5 al Gaspareño, lugar que estudiamos, regresando a la Boca de San Jacinto.

El día 6 excursionamos por los alrededores de la Boca de San Jacinto,

ascendiendo a la sierrita de San Jacinto, y el día 7 salimos para el Pescadero de Todos Santos, tocando como puntos principales el cerro del Mármol.

El día 8 regresamos a Todos Santos, habiendo así recorrido la región costera, entre Todos Santos y el Gaspareño.

Los resultados de estas exploraciones, quedaron también consignados en los informes del día 3 y 19 de mayo.

El 9 de abril, salimos para el Mineral del Triunfo, adonde llegamos el mismo día; y en vista de la importancia de esta región minera, y de las observaciones que se hicieron en las excursiones al Gaspareño, sobre todo bajo el punto de consideración del petróleo, el jefe de la Comisión determinó formar otras dos secciones de geología: una destinada al estudio de los Minerales del Triunfo y San Antonio, integrada por el que suscribe; y otra que excursionando por Bahía Magdalena, Conejos, San Luis, Guadalupe, Salado, y bajo su inmediata dirección, recogiera datos para llegar a concluir algo definitivo sobre las muestras de chapopote flotado, que se encontraron en los alrededores del Gaspareño.

Los topógrafos recibieron órdenes de incorporarse a la sección que iba a estudiar los minerales del Triunfo y San Antonio, habiéndolo verificado el día 15, después de que se subsanaron algunas dificultades que se presentaban, en cuanto al equipo para emprender trabajos de planificación en los mencionados minerales.

De todo lo anterior rindió un informe el señor Bustamante, con fecha 15 de abril de 1919.

De manera que por órdenes del jefe, quedó la Comisión dividida en cuatro secciones: De geología, integrada por el señor ingeniero Miguel Bustamante que acompañado por el señor Angel Aguilar salió de La Paz, el 12 de mayo y regresó a los finales de la primera quincena de junio, habiendo durante este tiempo explorado el terreno donde se encuentran los lugares conocidos con los nombres de Tres Chivos, Cajón de los Reyes, San Hilario, San Isidro, El Caracol, San Antonio, La Presa, San Luis, La Lagunita, Los Tulares, La Miseria, Pauquino, Bahía Magdalena, Isla de Margarita, El Galerón, El Conejo, Boca de Santo Domingo, Médano Blanco, desembocadura del río Comondú, San Gregorio, La Purísima, Comondú y Loreto. El señor Aguilar rindió una memoria de los itinerarios a que nos hemos referido, por no haberlo hecho el señor Bustamante.

De geología, constituída por el que suscribe, y que obedeciendo las órdenes que se le dieron por oficio número 4, fechado en El Triunfo, el 12 de abril de 1919, se dedicó a estudiar los minerales del Triunfo y San Antonio, habiendo dado principio a sus operaciones el 14 de abril del año ya indicado; dando cuenta al jefe de la Comisión, de la marcha de sus trabajos, por las copias semanarias de los datos registrados en la cartera de campo, y por los informes mensuales que a su debido tiempo rindió.

De geología, integrada por los señores Enrique Díaz Lozano, y los practicantes Othón Salvador Orozco y Jorge A. Villatoro; sección a la que como ya se dijo, se le encomendó el estudio de la sierra de San Lázaro y que comenzó sus labores el 8 de abril, dando también el jefe de ella, señor Díaz Lozano, por sus copias semanarias, de los datos recogidos, y por sus informes mensuales, cuenta oportuna de la marcha de sus operaciones.

De topografía, formada por los señores ingeniero Julio Gómez, Jesús Chávez y Luis E. de Luna, destinada al levantamiento topográfico de los Minerales del Triunfo y San Antonio, dando también con sus memorias cuenta de sus operaciones.

En la segunda quincena del mes de junio, renunció su puesto el jefe de la Comisión, saliendo de regreso para México, el 24 del citado mes; en el transcurso de la misma quincena, se recibieron cartas del jefe del Departamento de Exploraciones y Estudios Geológicos, y en una de ellas, de fecha 29 de mayo de 1919, se me ordenó me hiciera cargo de la Comisión; de manera que mi funcionamiento como jefe interino, a causa de haber recibido la carta

ya indicada en los finales del mes de junio, puede considerarse desde la primera quincena de julio.

Mi primera idea fué tomar desde luego, algunas disposiciones, para que el personal tomara una nueva orientación más en consonancia con el objeto principal de la Comisión; pero no lo hice, porque aparte de la dificultad de las comunicaciones para hacer la consulta respectiva, en lo que se hubiera empleado demasiado tiempo, existía la de que ya en esa época del año, el calor se hacía sentir demasiado, teniendo temperaturas de 40°; lo que hacía disminuir de una manera sensible el rendimiento del personal, que ya estaba fatigado por una campaña de tres meses en aquel ardiente clima, y a consecuencia de lo cual, algunos de los miembros comenzaban a enfermar, lo que queda comprobado con los oficios que en los finales de junio y principios de julio me dirigieron los señores Enrique Díaz Lozano y Julio Gómez.

Además de estas causas, existía la de que en los trabajos se había avanzado bastante, pues todos los compañeros que integraron la Comisión, se manejaron como perfectos conocedores del cumplimiento de sus deberes, y hubiera sido poco acertado el interrumpir la conclusión de los estudios ya emprendidos, porque nada concreto hubiera terminado la Comisión, ya que también nuevos trabajos de otra manera organizados, no se hubieran podido concluir, a consecuencia de la temperatura y de las demás razones indicadas.

De manera que opté porque se concluyeran los estudios comenzados, a fin de que aunque fuera parte de la Comisión presentara algo en concreto.

En oficio fechado el 30 de junio, el señor Díaz Lozano me comunicó que pronto terminaría, la sección a su cargo, el estudio de la sierra del Novillo, y me indicó la conveniencia de continuar, hacia el Norte, la zona rhyolítica, que ya antes había empezado y que por disposiciones posteriores había interrumpido; juzgué prudente esta proposición y así se lo hice saber por oficio, en el que le manifestaba lo necesario que se hacía el que extendiera sus exploraciones hasta la mesa de La Vieja, pasando por el Cajón de Los Reyes, a fin de que estableciera las relaciones entre las emisiones rhyolíticas de la mesa mencionada, y las del terreno cuyo estudio iba a continuar, para que así quedara definida la zona comprendida, entre los alrededores de San Luís, en el camino a Bahía Magdalena, que es a donde la corriente de rhyolita parece extinguirse, y las cercanías de San Pedro, en el camino entre La Paz y El Triunfo, donde aproximadamente terminan las rhyolitas y se inician las rocas graníticas.

Las demás secciones continuaron en sus trabajos, habiéndose terminado los minerales de El Triunfo y de San Antonio, en lo que se refiere a geología, pues en los de topografía, bastante quedó pendiente en cuanto a configuración y detalles.

En la segunda quincena de julio, llegó con el carácter de inspector, el señor doctor Antonio Pastor Giraud, persona que desde luego se dedicó a visitar el campo de operaciones, y que estuvo de acuerdo en el regreso del personal, al mismo tiempo que debido a las indicaciones que el señor Aguilar hizo en su informe respectivo, proyectaba una expedición en busca de petróleo, en compañía del señor Díaz Lozano, por el rumbo de La Purísima.

El 9 de agosto, acatando órdenes recibidas de la Dirección del Instituto Geológico para que regresara la Comisión, dispuse saliera la sección de topografía para La Paz, a reunirse con el personal de la sección de geología, a cargo del señor Díaz Lozano, que ya se encontraba en ese punto.

Como las comunicaciones con la península, son muy tardías, cosa que pone a aquel territorio, en condiciones poco favorables para su desarrollo, hubo que esperar en La Paz, bastante tiempo a fin de poder tomar un barco conveniente en el que efectuar el regreso; por tal motivo, en La Paz, encomendé algunos trabajos casi todos de gabinete, a fin de aprovechar la estancia del personal en ese lugar, y volví al Triunfo para extender mis exploraciones al Este de la cuenca de San Antonio.

El 21 de agosto regresé a La Paz, y por fin el día 25 salí con la expedición, exceptuando los señores Pastor Giraud y Díaz Lozano, a bordo del vapor "Unión," hacia la capital de la República.

Tal ha sido a grandes rasgos la marcha de la expedición, que duró en pleno trabajo cerca de cuatro meses, y durante los cuales me es agradable consignar que todos desempeñaron sus labores con actividad, energía y entusiasmo, y que debido al ánimo levantado que siempre demostraron, ahora tienen la satisfacción de presentar las conclusiones a que llegaron, que prueban los esfuerzos que hicieron para el éxito de la expedición, que si no resultó del todo acorde con el fin para que fué nombrada, sí aporta conocimientos definidos sobre una parte importante de la península, dándose con esto un gran paso, porque todo es grande en la lucha por interpretar a la naturaleza, en la lucha por investigar la verdad, y en la lucha por contribuir al adelanto de la ciencia; tareas nobles en las que el individuo que sacrifica su bienestar y hasta su vida, sólo en lo general tiene como recompensa, el pensar que ha cumplido con su deber, que ha satisfecho a su conciencia y que si es derrotado en los escabrosos senderos que tiene que cruzar para llegar a la meta, hasta esa derrota le será gloriosa.

La comisión en el desempeño de sus labores, recibió eficaz ayuda de varios señores, residentes en aquellos lugares, y entre los cuales me es grato mencionar: al señor general Manuel Mezta, gobernador del Distrito Sur de la Baja California; ingeniero Manuel Balarezo, agente del Ministerio de Fomento, en La Paz, y don Sixto Arámburo, establecido en El Triunfo.

En la segunda parte de esta memoria quedarán consignados los trabajos de las secciones, deseando de preferencia que produzcan algún provecho a aquella apartada región de nuestra República, tan llena de interés por todos conceptos, y sobre todo, que reforzando la atención del Gobierno General, y atrayendo las miras de la gente de empresa, lleven a sus abnegados y hospitalarios habitantes, las facilidades necesarias para su progreso, que es el progreso de la península misma, tan retardado hasta ahora por la falta de elementos de desarrollo, sobre todo en lo que se refiere a las comunicaciones, que con las irregularidades en su funcionamiento actual, retardan algunas veces de modo desesperante, el contacto de aquellos pueblos con el resto del mundo civilizado.

El Gobierno General, se ha preocupado en este sentido y en el mes de julio se inauguró la estación inalámbrica, pero mucho queda aún por hacer, sobre todo en lo que concierne a las comunicaciones, por medio de embarcaciones que surquen el Pacífico y adecuadas a facilitar el concurso de estos pueblos de la península, en el concierto de la civilización.

SEGUNDA PARTE

Itinerarios

Como uno de los objetos principales de la Comisión, era explorar el terreno en busca de receptáculos petrolíferos, el señor Bustamante determinó, en vista de las noticias que le dieron en La Paz, emprender unos itinerarios que sirvieran para reconocer algo de la formación entre La Paz y Todos Santos, y después seguir por la costa hasta la punta del Gaspareño, donde se decía con insistencia que afloraba el petróleo, al estado de chapopote viscoso; fué necesario proceder así, es decir, guiándose por las noticias que se adquirían, porque no obstante que el señor Bustamante, en su trabajo titulado "El Petróleo en la República Mexicana."—Boletín número 35 del Instituto Geológico de México—, había puesto en el mapa, donde representó la distribución geográfica de los criaderos, la parte contigua al NW. de La Paz, como terrenos petrolíferos probables, y aún dentro de esa porción otra como

terrenos petrolíferos explorados, no guió hacia esos lugares a la expedición, y razones que deben haber influido en su ánimo, lo indujeron a atenerse mejor a las indicaciones que obtuvo.

Los itinerarios fueron los siguientes, que se especifican por los puntos principales que tocaron: La Paz, La Campana, Cananea y Juan Márquez; La Paz, Los Bledales, San Pedro de La Paz, Santa Rita y Todos Santos; Todos Santos, El Palmar, Boca de San Jacinto; el Gaspareño, Sierrita de San Jacinto, cerro del Mármol, El Pescadero y Todos Santos.

La Paz, La Campana, Cananea y Juan Márquez.—La Paz, Los Bledales, San Pedro de la Paz, Santa Rita y Todos Santos.

GENERALIDADES

Fisiografía

Estos dos itinerarios, se desarrollaron por la parte Sur de la planicie conocida con el nombre de Las Mesas, en su porción próxima a las estribaciones septentrionales de la sierra de San Lázaro o de la región del Cabo, y a las occidentales de la que desde Cacachilas, se extiende hacia el Sur, hasta unirse con las elevaciones de la sierra antes mencionada.

La rapidez con que se hicieron estos itinerarios, no permitieron hacer un estudio en detalle, de manera que los datos que se consignan, poco material aportan para fundar conclusiones, y sólo servirán para tener una ligera idea de la formación, en el terreno donde se desarrollaron.

En el itinerario La Paz—Juan Márquez, que desde La Paz se siguió con un rumbo aproximado NS., hacia la Boca del Carrizal, el terreno va ascendiendo hasta Juan Márquez, donde alcanza la altura de 180.00 metros (1) sobre el nivel del mar; es poco accidentado y ligeramente ondulado, en el trayecto recorrido, pero al E. y S. se destacan las elevaciones que constituyen la sierra del Triunfo--Cacachilas y las de la sierra de la región del Cabo o San Lázaro.

Un poco más al E. se siguió el itinerario La Paz--Todos Santos, en el que el terreno asciende hasta la altura de 395.00 metros sobre el nivel del mar, en las cuchillas de Santa Rita, de donde desciende francamente hacia Todos Santos; la región montañosa se destaca a lo lejos, y sólo en Los Bledales y Santa Rita, es donde se aproxima más al trayecto seguido.

Las últimas manifestaciones de la región de Las Mesas, se observan aún en la Mesa de La Cruz, que con una altura de 340.00 metros, se dirige hacia el SE. a apoyarse sobre los flancos de la región de las montañas.

Como se comprende la región en los trayectos recorridos, es poco accidentada, y así tenía que ser, dado que los itinerarios se desarrollaron por la planicie de Las Mesas, en su porción meridional, que se encuentra situada entre las elevaciones que ya hemos indicado.

Los lugares visitados de mayor altura, fueron Juan Márquez y Las Cuchillas de Santa Rita, teniendo los demás elevaciones variables que están en consonancia con la accidentación, que ya se hace sentir, aunque poco, por las proximidades de la sierra.

Las alturas que se tomaron fueron las siguientes, sobre el nivel del mar:

Los Bledales	30.00	metros.
La Campana	140.00	,,
Cananea	170.00	,,
Juan Márquez	180.00	,,
San Pedro de La Paz	245.00	,,
Mesa de La Cruz	340.00	,,
Las Cuchillas de Santa Rita	395.00	,,

(1).—Las alturas fueron tomadas con aneroide.

Hidrografía

El drenaje se verifica por arroyos que se dirigen, unos hacia el Golfo de California y otros al Océano Pacífico.

Tienen su origen en los contrafuertes de las sierras, donde participan del carácter más o menos abrupto de estos accidentes, y al alcanzar la planicie, se manifiestan por escotaduras en lo general anchas y poco profundas, que se distinguen por las acumulaciones de materiales de acarreo, en los que predomina la arena fina, hecho explicable porque ya en la planicie pierden las aguas su velocidad, y entonces comienza la precipitación de los materiales más finos.

El régimen de sus aguas es variable, y sólo se observa este elemento en esa parte de su curso, a la continuación de las precipitaciones atmosféricas, estando su gasto en relación con la intensidad de dichas precipitaciones; dada la corta extensión de estos cursos de agua y la naturaleza y disposición de la formación geológica recorrida por ellos, poco a propósito para dar lugar a manantiales, es claro que las aguas superficiales sólo escurren en las épocas de las lluvias, perdiéndose después porque se sumergen para convertirse en subterráneas, buscando su salida hacia los mares; esto explica por qué en lo general, en las épocas de secas, no se observan en el curso de los arroyos.

Antes de llegar a San Pedro de La Paz, casi todos los arroyos desembocan en el Golfo de California, siendo notables los conocidos con los nombres de La Barrosa y de San Isidro; pasado San Pedro, se notan aquellos que dirigiéndose hacia el SW. desaguan en el Pacífico, entre estos son de mencionarse el del Palo Blancar, Las Tres Pachitas, el de más importancia del Carrizal, El Palmarito, La Muela y el de Todos Santos, que ya en la región del Cabo, es después del río de San José, el único permanente (1).

El cauce en la parte baja del terreno, no siempre es bien definido, pues muchas veces parece divagante, y esto se debe a la corta altura de los bordes, lo que facilita la salida de las aguas del álveo, y el depósito, en la época de lluvias fuertes, de extensas acumulaciones de material de acarreo, que imprimen a esta parte del trayecto de los arroyos, el carácter de un peneplain.

Geología.

Las rocas son ígneas y sedimentarias, estando en las primeras, representados el grupo de las eruptivas, por las rhyolitas y tobas y el grupo de las plutónicas por las graníticas.

En las segundas se encuentran los aluviones ya sueltos o cementados por arcillas y caliches, determinando algunas veces, depósitos de conglomerado calichoso y capaz de acarreos más o menos consolidados por arcilla; a las anteriores hay que agregar otros depósitos de unas rocas parecidas a las margas.

Las rhyolitas constituyen macizos que se extienden desde los alrededores de La Paz, hasta poco antes de llegar a San Pedro, donde francamente se inician los afloramientos graníticos; estas rhyolitas constituyen corrientes, que en ciertas proporciones del camino hacia San Pedro, muestran una estructura en bandas que indica el estado de fluidez en que fueron emitidas; su color es en lo general rojo obscuro, y existen porciones en que muestra un aspecto brechoide; por lo demás un estudio de esta formación rhyolítica, está consignado en el trabajo del señor Enrique Díaz Lozano, a cuyo cargo quedó la sección que se ocupó de esta importante zona.

Las tobas (?) se observan en ciertos lugares, como sucede en el arroyo próximo a San Pedro, antes de llegar a dicho punto; en las cercanías de

(1).—Proceeding of the California Academy of Sciences.—Second Series. Vol. V.—Explorations in the Cape region of Baja California in 1894, by Gustav Eisen.

Cananea; y formando mesas de regular extensión como es el caso en la Mesa de la Cruz.

Las rocas graníticas comienzan a aflorar francamente en las cercanías de San Pedro, donde se encuentra el contacto con las rhyolitas; sus manifestaciones son más y más continuadas a medida que se avanza hacia Todos Santos, que queda ya situado en los pies de los contrafuertes de la sierra de la región del Cabo o de San Lázaro, que es el gran macizo meridional, donde termina la gran cadena que de NW. a SE. recorre la península, formando la barrera próxima al Golfo de California.

Grandes extensiones de estas rocas graníticas han sido fracturadas, dando lugar a criaderos auríferos, como se ha verificado en Juan Márquez, en cuyas inmediaciones se observa una colinita poco elevada, que según informes es lugar productor de oro muy dividido.

Las rocas sedimentarias se apoyan con toda probabilidad sobre las anteriores y están constituídas por aluviones sueltos y por depósitos estratificados más o menos arcillosos, que en tramos determinados se manifiestan en posición casi horizontal, pero que es seguro, como se deduce por la profundidad a la que las aguas se han cortado por varios pozos, que tienen una cierta inclinación hacia las costas.

En Cananea se practicó un pozo que aunque no es de gran profundidad, pues sólo llega hasta poco más de ocho metros que fué donde cortó el agua, por las capas atravesadas, da una idea de la disposición que cerca de la superficie afectan estos sedimentos, pertenecientes al Cuaternario, en esta parte de la planicie de que ya nos hemos ocupado.

El corte es así de arriba a abajo: 1. Aluviones arenosos, sueltos, con 1.50 metros de espesor; 2. Depósitos estratificados en capas delgadas, de material un poco grueso y delgado, que forman una especie de brecha, con 3.00 metros de espesor; 3. capa arcillosa, algo arenosa, 0.60 metros; 4. Depósito en capas, con material semejante al indicado en el número 2, 2.50 metros; 5. Depósito de una roca margosa, agrietada, no se pudo determinar el espesor, porque el nivel del agua se muestra precisamente en este depósito; bajo éste último, deben existir los sedimentos impermeables que impiden al agua seguir descendiendo.

El señor Leyva que practicó la perforación antes descrita, así lo asegura, pues manifestó que el agua apareció por entre las grietas de la roca margosa, que descansa sobre material impermeable; no se pudo comprobar lo antes dicho, porque no se conservaron las muestras extraídas.

Reflexionando sobre estos itinerarios se principia a conjeturar el edificio geológico constituído por las formaciones, y así tenemos las rocas más antiguas constituídas por las graníticas, las eruptivas del Terciario y los sedimentos superiores del Cuaternario.

Hidrología

Las aguas de circulación subterránea hasta ahora alcanzadas son freáticas, y fueron cortadas por pozos de profundidad variable, siendo de notarse el hecho de que es menor la profundidad, a medida que el lugar es más alto, es decir, que está más próximo a los accidentes montañosos.

Esto puede explicarse porque las capas deben tener cierta inclinación hacia los lugares bajos, un poco mayor a la afectada por la superficie del terreno, y como el agua en su circulación subterránea sigue este declive, se produce el hecho mencionado.

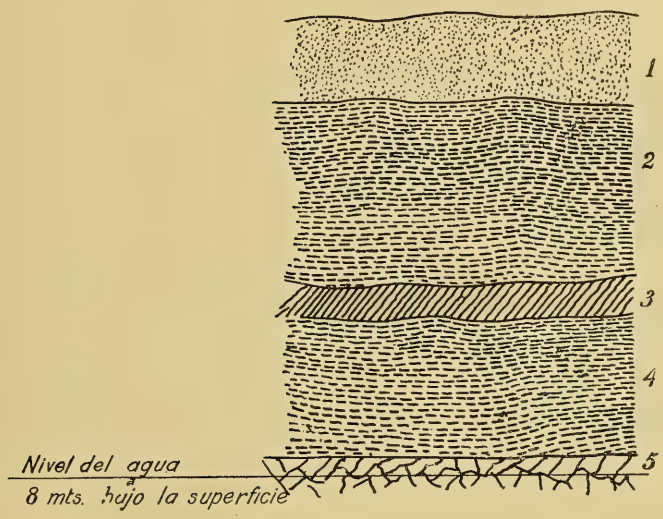
Las profundidades son las siguientes:

Pozo en Juan Márquez	6.00 metros.
„ „ Cananea	8.00 „
„ „ La Campana	16.00 „

En relación con esta parte poco se puede concluir, pues no se hizo un estudio especial, sino solamente itinerarios rápidos para tener una idea sobre la formación.

Lám. I.

Corte de un pozo en Cananea,
Baja California.



Escala 1:100

Muy conveniente sería emprender estudios detallados y en forma bajo este respecto, que redundarían a no dudarlo en beneficio de los habitantes en general, y en particular de los que estuvieran en aptitud de aprovecharlos para fomento de la agricultura, cuyo desarrollo deja mucho que desear en aquellos lugares, y para abastecimiento de algunas poblaciones que bien lo necesitan.

Todos Santos, El Palmar, Boca de San Jacinto, El Gaspareño, Sierrita de San Jacinto, Cerro del Mármol, El Pescadero y Todos Santos.

Con motivo de las insistentes noticias sobre la existencia de manifestaciones petrolíferas, en un lugar de la costa del Pacífico, conocido con el nombre del Gaspareño, se organizó la expedición a que hacemos referencia, desarrollándola por el terreno próximo a la costa, y en la que se tuvo la ocasión de observar parte de la terminación occidental de la sierra de la región del Cabo.

GENERALIDADES

Fisiografía

El extenso macizo montañoso en que termina la cadena que bordea la península, por el Golfo de Baja California, queda dividido al acercarse a la punta meridional de la península, por el río de San José, en dos partes que no tienen designación definida, pero que para simplificar nuestra exposición, las distinguiremos con los nombres de sierra de San Lázaro al W. y sierra de la Trinidad al E., que es como generalmente se conocen y cuyo conjunto forma la sierra de la región del Cabo que se prolonga hacia el NW. por los Minerales de El Triunfo y de Cacahuilas, hasta los alrededores de La Paz.

La sierra de San Lázaro destaca una serie de elevaciones cuyos puntos más altos se manifiestan indistintamente, pero que parecen seguir una dirección marcadamente NS.; los principales, con sus alturas correspondientes en metros sobre el nivel del mar, son los siguientes: (1)

El Troyer	1677	metros.
El Taste o Candelario	1677	„
San Ignacio	1855	„
Santa Genoveva	2440	„
San Bernardo	1872	„
San Francisquito	1646	„
Chuparrosa	1362	„
Porfirio Díaz	2150	„
El Picacho o La Aguja	1891	„
Limantour	1921	„

En seguida la sierra desciende hacia el Mineral de San Antonio, y continúa hacia los alrededores de La Paz.

De estas alturas que definen el cuerpo principal de la sierra, se desprenden contrafuertes más o menos alargados, que con dirección aproximada NW., en el flanco occidental, se extienden hacia el Pacífico.

La costa a lo largo de este itinerario, está parcialmente determinada por elevaciones, que pertenecen a estos contrafuertes, de más o menos altura

(1).—Los nombres y alturas, que aparecen en esta parte del presente trabajo, fueron tomados del mapa de la región del Cabo, que ilustra el estudio del señor Gustav Eisen "Exploration in the Cape region of Baja California in 1894." Proceedings of the California Academy of Sciences. Volume V.

y de flancos acantilados en lo general, en la parte que hace frente al mar; del lado opuesto no presentan sino raras veces este carácter abrupto, de manera que la pendiente es mucho más suave, en los accidentes que parecen desligados de la sierra principal, como es de observarse en ciertos lugares cercanos a Todos Santos.

Estas elevaciones están interrumpidas, según la costa, por depresiones más o menos extensas, llenas de materiales de acarreo entre los que predominan las arenas, que algunas veces se acumulan formando verdaderos médanos.

Las alturas montañosas que definen la costa, son como hemos indicado, los límites de los contrafuertes que se desprenden de la sierra de San Lázaro; estos contrafuertes determinan lomas o cuchillas, que suelen presentarse con dimensiones muy alargadas, como sucede en la que remata en la ensenada de San Jacinto; la erosión ha modelado a estos accidentes, con contornos más bien arredondados y de poca pendiente, y rara vez se manifiestan escabrosos, como es el caso en los que se distinguen hacia las partes altas de la sierra. Dependiente de una de las estribaciones de la sierra, se encuentra un accidente montañoso conocido con el nombre de la sierrita de San Jacinto, que se distingue porque parece no ascender de una manera firme hacia las alturas que caracterizan a esta porción montañosa, sino que se deprime al llegar donde con toda energía se inicia el ascenso a la sierra principal.

Se hace mención de ella, porque tal vez su aparente aislamiento y el carácter escalonado de algunas de sus estribaciones, se deba a dislocaciones del terreno, pues es bien sabido que la Península, en ciertas porciones ha sufrido dislocaciones que se manifiestan de una manera evidente entre la Bahía Magdalena y el Puerto de la Paz (1); además la erosión ha modelado sus contornos, de manera que sus estribaciones, se observan formadas por una serie de pequeñas elevaciones arredondadas y separadas unas de otras por depresiones poco profundas; pero existen algunas que se ven en escalones, como es el caso en la que se dirige hacia el punto más alto de la sierrita, donde alcanza la altura de 330.00 metros sobre el nivel del mar.

Los lugares de más importancia después de Todos Santos, que se tocaron en este itinerario, son los que en seguida se indican, con sus alturas respectivas sobre el nivel del mar.

El Palmar	65.00	metros.
San Jacinto	35.00	„
Sierrita de San Jacinto, parte más alta	330.00	„
Cerro del Mármol	320.00	„

Hidrografía

El agua proveniente de las precipitaciones atmosféricas, que se descargan de preferencia sobre las partes altas de la sierra, baja por los cauces de varios arroyos, entre los que son de notarse: el de Todos Santos el del Salvear, el del Pescadero, el del Palmar y el de la Boca de San Jacinto.

Estas vías de agua que, con excepción del de Todos Santos, clasificado por el señor Gustav Eisen como río permanente (2) sólo muestran agua superficial en la época de lluvias, determinan un sistema orientado de una manera general de EW., y que pudiéramos colocar entre los formados por arroyos consecuentes.

Como estos arroyos al llegar a la parte baja, es decir, cerca del mar, están llenos de arena y de aluviones, el agua escurre entre estos y sobre el

(1).—Anales del Instituto Geológico de México, número 3.— "Las aguas subterráneas al E. de Bahía Magdalena, Baja California."

(2).—Exploration in the Cape region of Baja California in 1894, with references to former expeditions of the California Academy of Sciences, by Gustav Eisen.—Proceeding of the California Academy of Science.—II. S. Volume V.

lecho de rocas graníticas y pizarras cristalinas, que con toda probabilidad lo forman; sucediendo en consecuencia que el agua algunas veces desaparece, y después de cierto trayecto vuelve a aflorar, allí donde existe un represo formado por las desigualdades del lecho, o donde el depósito de material acarreado es de menos espesor. Esta agua cuando no se capta por algún medio, continúa hasta perderse en el mar.

Como se comprende por la descripción anterior, el sistema constituído por estos arroyos es sencillo; no se han verificado aún capturas de unos por otros, ni los varios fenómenos que modifican y complican el drenaje natural de una comarca; esto se debe a que el sistema está formado por arroyos de desarrollo no muy extenso, y es además relativamente joven, no habiendo transcurrido aún el tiempo necesario que produce como efecto el complicar el sistema de vías de agua, y de imprimir un carácter bien marcado en la fisiografía, peculiar a las regiones surcadas por un drenaje que ha llegado a su período más avanzado.

Geología

Aunque no se dió atención especial a la estructura geológica, son de interés las observaciones que se hicieron en el trayecto de este itinerario, y pueden servir para dar una idea sobre el carácter general de la formación.

Las rocas encontradas pertenecen a las sedimentarias, ígneas y metamórficas.

En el primer grupo quedan comprendidos los depósitos mecánicos constituídos por los aluviones y, en general, por los materiales de acarreo y productos de desintegración, que llenan especialmente las hondonadas y lechos de los arroyos; y los precipitados químicos, que como la roca llamada caliche, tienen afloramientos de pequeña extensión.

En el segundo grupo hay que considerar las plutónicas, tales como las rocas graníticas; y las intrusivas que suelen presentarse en algunas porciones.

En el tercer grupo se presentan como rocas dominantes, el gneiss, las pizarras y esquistos cristalinos, y como de menos importancia por sus cortos afloramientos, la caliza cristalina.

Depósitos mecánicos. Forman en lo general acumulaciones en las partes bajas, manifestándose de preferencia, en la orilla del mar, en las hondonadas y en las cajas de los arroyos; como provienen de la desintegración de las rocas circundantes, es claro que su constitución es heterogénea, pero en su totalidad se encontrarán menos modificados los fragmentos de aquellas rocas, que por su naturaleza y exposición son menos alterados por los efectos de la dinámica externa; de manera que como en nuestra región las rocas graníticas se encuentran en el caso indicado, en los depósitos mecánicos se distinguen mejor los elementos graníticos, que son más aptos para sufrir el acarreo sin destruirse.

Precipitados químicos. En el tramo comprendido entre El Pescadero y Todos Santos, pero más bien cerca del último lugar, se manifiesta una costra superficial de los carbonatos terrosos conocidos vulgarmente con el nombre de caliches; estas costras no son de gran espesor, pero es probable que no sean muy impuras, pues suelen ser aprovechadas para la fabricación de la cal.

Rocas plutónicas. Son de estructura granítica, de diferentes aspectos, según es el tamaño, ordenación y proporción de los elementos que las componen; su color varía desde el casi blanco hasta el blanco agrisado, manifestando algunas veces tintes obscuros y rosados.

En su masa suelen verse vetas intrusivas de rocas parecidas a la aplita y a la granulita, que pueden considerarse como inyecciones de un magma granítico, aun líquido, en las hendeduras de las graníticas parcial o completamente solidificadas.

Forman grandes masas, que parecen ocupar la porción central de la sierra de la región del Cabo, siendo así una especie de núcleos alargados

según la dirección de la sierra a los que envuelven los gneisses, pizarras y esquistos cristalinos.

De manera que admitiendo lo anterior, es muy considerable su extensión, y esto está comprobado por la relación que el señor Gustav Eisen. hace de la sierra de la región del cabo, en su estudio al que nos hemos referido varias veces; pues tratando sobre el particular, dice: "La sierra principal desde La Chinche a la sierra de La Laguna y hasta más allá del Triunfo, consiste de un levantamiento de granito."

Estos datos que acabamos de consignar, nos servirán para apoyar algunas conclusiones sobre la estructura de la sierra, después de que hayamos tratado de las demás rocas que entran en su formación.

Rocas intrusivas. En el cerro de la cañada de San Juan, frente al cerro de Los Pericos, entre San Jacinto y El Pescadero, existe un afloramiento entre las pizarras metamórficas de una roca de color verdoso y de textura porfiroide, que me pareció una andesita porfídica.

Es una intrusión que probablemente tiene relaciones con la mineralización de algunas fracturas que se encuentran próximas.

Rocas metamórficas. El metamorfismo ha sido muy intenso, y estudiando con cierta atención la región afectada, se observan distintos grados en su manifestación, presentando las rocas el crucero pizarreño, la fisilidad y la esquitosidad o filación.

Gneisses. Este producto del metamorfismo es muy frecuente, siendo de notarse uno de mica dorada, que se presenta entre el rancho de San Jacinto y El Gaspareño.

Las fuerzas que produjeron este metamorfismo dinámico, se hicieron sentir de tal manera, que muchas veces parece que las pizarras cristalinas se encuentran intercaladas en el gneiss, pero que puede explicarse por los trastornos tectónicos que ha estado sufriendo la formación.

Vetas intrusivas de una roca al parecer compuesta en su mayor parte de feldespatos, y que las llamaremos con M. Michel Levy, granulitas, atraviesan a la masa de los gneisses, teniendo algunos hasta 0.60 m. de espesor, como en el arroyo del Palmar, y que probablemente son de la misma naturaleza de las que afectan a las graníticas de que hicimos mención en su oportunidad.

Pizarras y esquistos cristalinos. Poderosa es también esta formación, y se ve indistintamente, pero de preferencia en el arroyo del Salvear, en la ensenada de San Jacinto, en la sierrita de San Jacinto; en el arroyo de Los Coches y en Todos Santos.

Las pizarras varían desde las muy compactas y duras, hasta las deleznables; su color desde el agrisado al negro, y suelen mostrarse altamente cargadas de mica pasando a las mica-pizarras y mica-esquistos.

El metamorfismo desarrolló en esta formación distintos caracteres, encontrándose lugares, como en ciertas porciones de los alrededores de Todos Santos, donde se muestran afectando desde el crucero pizarreño, hasta tal grado de fisilidad que tienen la apariencia de las ampelitas.

Estas rocas a consecuencia de las fuertes presiones a que estuvieron sometidas, sufrieron plegamientos muy marcados, observándose que los pliegues son en lo general asimétricos; estos fenómenos son muy notables en varias partes, pero con especialidad en los arroyos del Salvear y de Los Coches.

Los rumbos de las pizarras y esquistos cristalinos, tienen algunas variaciones, pero los tomados en la ensenada de la Boca de San Jacinto y en el arroyo de Los Coches, fueron de 10° NW.; los echados de estas mismas rocas, también son variables, pero los obtenidos en el primero de los lugares, antes indicados, llegaron hasta 76° tanto al E. como al W. y algunas veces a casi verticales.

Estos datos nos ponen en aptitud de presumir algo sobre la dirección de las presiones, y a conjeturas sobre la magnitud de los movimientos que se produjeron, movimientos que trastornaron de tal manera la posición primitiva de estas rocas.

De la misma manera que en los gneisses, vetas intrusivas de granulita afectan a la formación de los esquistos y pizarras cristalinas, efecto que según parece, se verificó en diferentes partes de la estructura de esta parte meridional de la península.

Caliza metamórfica. Frente a la mina de la Estrella Polar, se observa un crestón bastante endurecido, y muy notable por la extensión que ocupa, pues se le puede seguir por grandes distancias atravesando los cerros donde se levanta, y uno de los cuales es el conocido con el nombre de cerro del Mármol; en este cerro, y apoyado en las pizarras cristalinas, aflora un yacimiento de caliza que ha sufrido la transformación llamada marmarosis; ha sido objeto de algunos reconocimientos, y en el lugar donde se comenzaron los trabajos, se presenta muy agrietado y por consiguiente poco a propósito para suministrar grandes bloques, tal vez a la profundidad pudiera mejorarse bajo este respecto; la caliza es muy blanca y de bonito aspecto.

Estos afloramientos de caliza metamórfica, se encuentran en varias partes de la sierra entre Cacachilas y San José del Cabo, y tal vez haciendo un estudio más detallado pudieran relacionarse unos con otros, pues se manifiestan en La Calera, en el valle de Codio, cercano a la cuenca del Triunfo; y el señor Gustav Eisen las menciona en su estudio, como constituyendo una formación de caliza cristalina, no fosilífera, al E. de San José, cerca del río de San José.

Superposición. El orden en que se encuentran las rocas dominantes de que hemos tratado, es fundándose en los datos recogidos, así: primero, las rocas graníticas y gneisses, arriba las pizarras y esquistos cristalinos, y en seguida los aluviones y depósitos del Cuaternario.

Fracturas. A consecuencia de los esfuerzos de presión y de contracción a que estuvieron sometidas las rocas de la formación, se produjeron campos de fracturas que las afectaron indistintamente; de estas, unas fueron rellenadas por magmas graníticos, más ácidos, determinando vetas intrusivas, y otras por depósitos de soluciones termo-minerales formando vetas minerales.

Vetas intrusivas. Las principales quedan comprendidas en el cuadrante NE., y los datos tomados fueron los siguientes: N. 25° E, con echado de 54° al E. en las proximidades del Gaspareño; N. 80° E., N. 40° E. y N. 25° E. en la sierrita de San Jacinto; y así en otros lugares; por lo que se ve que aunque sus rumbos varían hay tendencias a quedar en el cuadrante N.E.; hecho que tiene interés, porque en esta porción de la sierra, estas fracturas rellenadas por rocas feldespáticas de colores blanco y rosa, granulitas, quedan precisamente en el mismo cuadrante que la mayoría de las vetas minerales del Triunfo y San Antonio.

Vetas minerales. Algunas fracturas fueron mineralizadas determinando criaderos especialmente auríferos, que se definen por los rumbos de N. 65° W., en la mina de Salomón Salgado; y de N. 65° W. y echado de 58° en la mina La Estrella Polar.

Estas vetas minerales quedan en los cuadrantes opuestos, a aquellos en que se manifiestan la generalidad de las vetas, de la misma naturaleza, de los Minerales del Triunfo y San Antonio.

Las vetas son de matriz de cuarzo y contienen oro. Poco se ha hecho en cuanto a su explotación, encontrándose, sin embargo, ruinas que indican haberse emprendido trabajos a este respecto, que después se han paralizado.

Actualmente sólo en la mina La Estrella Polar, se hacen trabajos de explotación, pero en muy pequeña escala, pues sólo tienen en funcionamiento un mazo para quebrar los minerales, que extraen de cuando en cuando, pues sólo por temporadas se opera, y el oro lo recogen por medio de placas amalgamadoras.

Estos campos minerales son muy dignos de atención y es casi seguro que exploraciones más sistemadas y trabajos mejor organizados, los harían progresar, convirtiéndolos así en una fuente de riqueza efectiva y prosperidad para la Península.

Petróleo. Como el lugar llamado el Gaspareño, fué designado según noticias, donde se había visto aflorar el petróleo bajo la forma de chapopote, fué objeto de una exploración especial; desde luego por la observación del terreno, cuya formación hemos pasado en ligera revista, pocas esperanzas se tuvieron de encontrar tales afloramientos; pues la naturaleza y disposición de las rocas que encontramos, desde luego nos indicó, que no son de las apropiadas para contener receptáculos petrolíferos.

Más como algunas veces ha sucedido que tales rocas, por sus soluciones de continuidad proporcionan conductos de emigración al petróleo, por estar en comunicación con receptáculos de este hidrocarburo, situados en otra clase de rocas, cuya formación puede quedar contigua y oculta por alguna causa, hicimos una investigación con los resultados siguientes:

El Gaspareño es un peñón bañado por las aguas del Pacífico, constituído por rocas graníticas y gneissicas, y algunas delgadas capas de pizarras cristalinas que se ven por porciones; la masa está surcada por vetas intrusivas de granulita.

En esta punta suelen hallarse manchas pequeñas de chapopote, que ha sido depositado por el mar, y que después fundido por los rayos del sol, ha formado pequeños lentes sobre las rocas del peñón; el interior de la masa de éste último, no tiene ninguna conección con ellas, pues rompiendo el lugar donde se presentan, aparece inmediatamente la roca sin ningún indicio de chapopote.

Este no sólo allí se encuentra, sino también se ve diseminado en varios puntos de las arenas de la playa, revuelto con las basuras y desperdicios arrojados por el mar.

Por sus caracteres que presenta a la simple vista, manifestándose bajo la forma de lentes de desigual tamaño, pero en general pequeñas, aplanadas y más o menos circulares, se llega a la conclusión de que es un chapopote que ha flotado durante cierto tiempo, y que por consecuencia no es originado en esos lugares, sino tal vez al N. de la región que nos ocupa, habiendo fuertes presunciones que sea de origen submarino.

Muy digno de interés es este asunto, y de desearse sería que exploraciones encaminadas a ese objeto, revelaran los lugares de donde procede ese material, pues en aquella región, no se ha despertado una profunda codicia por su posesión, como ha sucedido en algunos Estados de la República, y donde no existiendo aún intereses creados, sería más fácil al Gobierno protegerlos, redundando esto en un verdadero beneficio para la nación.

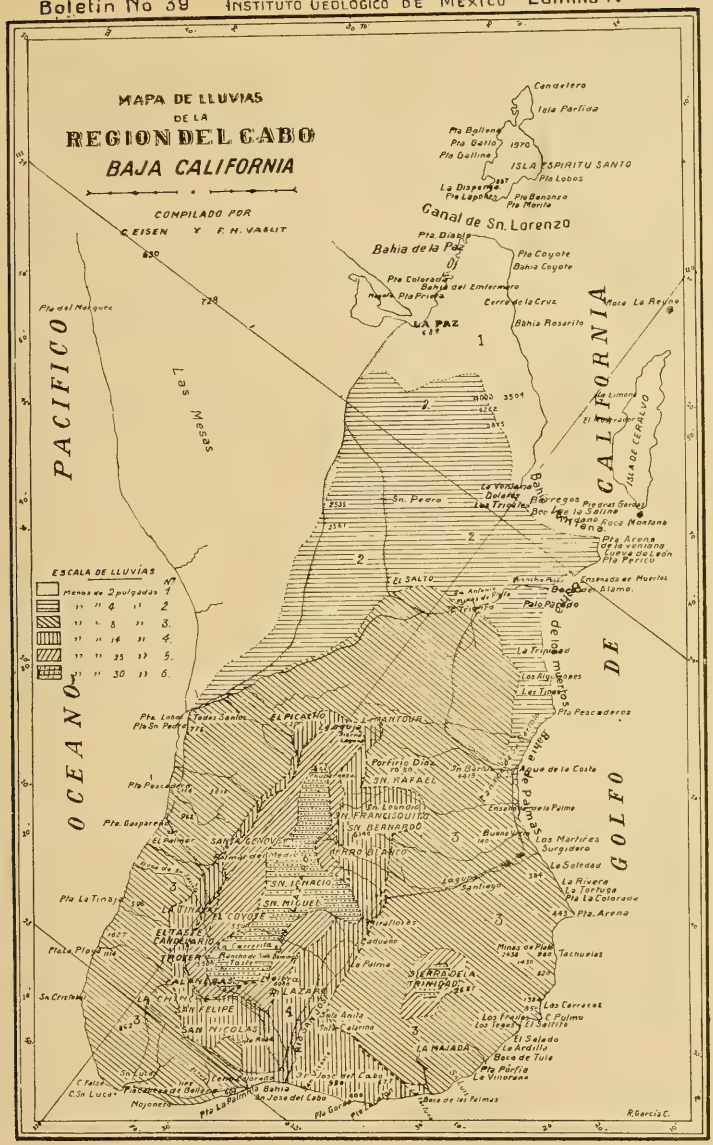
Hidrología

Con las reservas del caso vamos a dar algunas indicaciones sobre esta importante rama de la geología aplicada, pues el objeto con que se emprendió el itinerario fué otro, y por consecuencia, poca atención se prestó a este interesante asunto, siendo aquí de repetirse que: muy conveniente sería emprender estudios especiales, que pongan en claro el régimen subterráneo de las cuencas por donde circulan las aguas, a fin de indicar los medios más a propósito para su captación y ponerlas así en estado de ser aprovechadas en varios usos, pero especialmente en el fomento de la agricultura, que ha sido en casi todos los pueblos, la fuente de riqueza más persistente y duradera.

Una parte del agua proveniente de las lluvias que caen en los flancos y partes altas de la sierra, y particularmente en las cuencas de los arroyos, se filtra a través de las soluciones de continuidad de las rocas, siguiendo después un trayecto subterráneo más o menos complicado y de más o menos longitud, y en el transcurso del cual suele tener afloramientos ya sea bajo la forma de manantiales, ya sea bajo la de simples resurgencias, según sea el caso y disposición de la estructura de la formación; esta manera de ser de los conductos por los cuales se verifica la circulación subterránea de las aguas es el que hay que conocer para que por su medio y con la ayuda de otros varios datos de que se vale la Hidrología, se pueda con todo fundamen-

REGION SUR
de la
Baja California
Escala 1:750.000

MAPA
DE LA REGIÓN DEL CABO
BAJA CALIFORNIA.
COMPILADO POR.
G. EISEN. Y F. H. VASLIT.
BAHIA DE LA PAZ
CANAL DE Sº LORENZO
Isla Partida.
Isla Espiritu Santo
CALIFORNIA
OCEANO PACIFICO
GOLFO DE CALIFORNIA
Las Mesas
LA PAZ
BAHIA DE LOS MUERTOS
BAHIA DE PALMAS
SANTA GENOVEVA
LOS ANGELES
EL COYOTE
EL TASTE
CALAVERA
SAN FELIPE
SAN NICOLAS
SIERRA DE TRINIDAD
Pta. Lobos
Pta. Sº Pedro
Pta. Pescadero
Pta. la Tinaja
Pta. la Playa
Pta. Playa arenosa
Pta. del Marqués
Bahia de Sº Jose del Cabo
Boca de las Palmas
Dib. T. Aguilar.


MAPA DE LLUVIAS
DE LA
REGION DEL CABO
BAJA CALIFORNIA
COMPILADO POR
C. EISEN Y F. H. VABLIT
ESCALA DE LLUVIAS
Menos de 2 pulgadas 1
" " 4 " 2
" " 8 " 3.
" " 16 " 4.
" " 25 " 5.
" " 30 " 6.
OCEANO PACIFICO
GOLFO DE CALIFORNIA
Canal de Sn. Lorenzo
Bahia de la Paz
LA PAZ
ISLA SPIRITU SANTO
Cerro de la Cruz
Bahia Rosarito
Sn. Pedro
EL SALTO
EL PICACHO
LA MANTOUA
SN. RAFAEL
SN. FRANCISQUITO
SN. BERNARDO
SANTA GENOVEVA
SN. IGNACIO
SN. MIGUEL
EL COYOTE
LA TINAJA
ELTASTE
SN. FELIPE
SAN NICOLAS
LA LAJITA
SIERRA DE LA TRINIDAD
LA MAJADA
Bahia de las Palmas
Sierra de las Palmas
Sierra de la Giganta
Las Mesas
R. Garcia C.

to, llegar a indicar conscientemente y dentro de lo posible, los mejores procedimientos para su captación y aprovechamiento.

Actualmente solo en ciertos arroyos se ven algunas obras, poco eficientes para utilizar las aguas; éstas consisten en tajos en los aluviones arenosos en o cercanos a los cauces de los arroyos, y en muros o bordos que sirven para represarlas, como en El Palmar y San Jacinto, y en canales para encauzarlas como en El Pescadero; son aguas sin presión, que circulan entre el material de acarreo y sobre las rocas graníticas, pizarras y esquistos cristalinos, que constituyen el lecho por donde escurren.

Como el agua que de esta manera circula proviene de las lluvias que caen en los flancos de la sierra principal, y en las cuencas de los arroyos, es casi seguro que todos los años desecenderá; variando en sus cantidades según sean las precipitaciones atmosféricas, que en esta porción montañosa de la Península, es según el mapa de distribución de lluvias de los señores G. Eisen y F. H. Vaslit, mayor que 4 y menor que 8 pulgadas, en la parte baja; mayor que 14 y menor que 25 pulgadas, en la porción superior de los contrafuertes; y mayor que 25 y menor que 30 pulgadas, en la cima.

De manera que para conservarla un poco más, es conveniente almacenarla, impidiendo que se pierda en el mar o en las partes bajas, por medio de presas o bordos construídos al efecto, y hacer lo posible por limpiar los cauces de una parte de las arenas que quedan al descubierto, pues el agua es absorbida por ellas, y bajo la acción del calor se evapora, perdiéndose de este modo una cierta porción, que libre de este obstáculo, aumentará entonces el caudal que se almacena.

En El Pescadero el agua que recogen la encauzan por un canal, donde una medida aproximada nos dió en aquel tiempo, 35 litros por segundo; meparece que es susceptible de aumentarse, si prolongaran el tajo principal, y practicaran otros para encontrar los de los arroyos laterales, pero esto sería de emprenderse después que un estudio especial lo confirme.

En Todos Santos, según noticias del señor Bustamante, también han obtenido el agua por procedimientos semejantes, y me indicó que tienen un gasto medio de 65 litros por segundo.

LOS MINERALES DEL TRIUNFO Y SAN ANTONIO, BAJA CALIFORNIA

El 12 de abril de 1919, recibí el oficio No. 4, firmado en El Triunfo, por el señor ingeniero Miguel Bustamante, cuyo texto es el siguiente:

"Número 4.—Conforme al inciso V de las instrucciones expedidas por el señor ingeniero Leopoldo Salazar Salinas, jefe del Departamento de E. y E. Geológicos, he decidido principiar el estudio geológico de los yacimientos minerales que se encuentran diseminados entre los paralelos 22 y 23 en el Territorio de la Baja California, pues de la exploración preliminar, resulta que: son los que presentan mayor importancia, pues en realidad, predominan en toda esta superficie las formaciones plutónicas y algunas volcánicas, todas ellas favorables para la existencia de grandes yacimientos de metales preciosos tales como el oro, platino y plata, no siendo remoto que puedan encontrarse cobre y fierro en grandes cantidades; plomo, bismuto, antimonio, arsénico, molibdeno, etc., etc., según se desprende de los caracteres geognósticos de la formación y de los datos adquiridos en la Agencia de Minería de El Triunfo."

"Por lo tanto, se servirá usted emprender a la mayor brevedad posible, el estudio de dichos yacimientos dentro de la Municipalidad de San Antonio, sujetándose estrictamente a lo dispuesto en los programas de trabajo expedidos en noviembre de 1918 y 4 de marzo de 1919, por el jefe del Departamento; debiendo principiar los estudios detallados, por el Mineral de El Triunfo, para extenderlos después al Mineral de San Antonio, y paulatinamente a toda la región minera comprendida dentro los paralelos ya señalados."

"Para auxiliar sus labores queda bajo sus órdenes el jefe de los mineros exploradores, David Enríquez Ruiz, el cual tendrá bajo su cuidado todo lo relativo a la alimentación y cuidado de las bestias de que se disponga; pudiendo usted contratar un guía de la localidad, que desempeñe las funciones de mozo de estribo. La Sección de Topógrafos queda bajo sus órdenes, en el concepto de que deberán principiar los trabajos respectivos por una triangulación que abarque cuando menos los minerales de San Antonio y El Triunfo, tomando usted nota, mientras se ejecuta dicha operación, de los lugares que convenga detallar, tales como crestones de vetas, diques de rocas eruptivas, límites de los afloramientos de las rocas plutónicas, saltos, dislocaciones, etc."

"Entre los detalles que irán fijando los topógrafos, al hacer el trabajo, se encontrarán las pertenencias de las concesiones, catas, boca-minas, socavones, tiros y curso de las aguas permanentes o pasajeras, manantiales y todos aquellos accidentes de relieve, que se consideren útiles para el desarrollo de la industria minera y la fácil utilización por los mineros e ingenieros de la carta geológico-topográfica que se trata de ejecutar, a reserva de lo que disponga posteriormente la superioridad."

"Para todo lo relativo a la parte administrativa se pondrá usted en comunicación directa con el señor Angel Aguilar, durante los días que me encuentre ausente, dándome cuenta de todo lo que usted gestione con dicho señor, al cual voy a entrevistar para allanar varias de las dificultades que se han presentado y las que preveo que se pueden presentar en lo futuro." — CONSTITUCION Y REFORMAS. El Triunfo, abril 12 de 1919.—Al señor ingeniero Vicente Gálvez, Subjefe de la Comisión Exploradora del Pacífico. —Presente.—Comisión Geológica Exploradora del Pacífico." El jefe, *M. Bustamante.*

Cumpliendo con lo ordenado procedí al estudio de los Minerales de El Triunfo y San Antonio, habiendo obtenido los resultados que en seguida expongo, teniendo la pena de manifestar que actualmente los trabajos mineros se verifican en una escala muy reducida, pues sólo se opera el disfrute en un corto número de minas, pertenecientes a la Compañía de los San Juanes, en el Mineral de San Antonio, y que la paralización de los trabajos en la mayor parte de las minas, ha producido gran decadencia en la vitalidad y actividad de los pueblos próximos, que a las claras manifiestan su pobreza y el estado crítico por el que están atravesando.

A consecuencia de la inactividad que durante varios años han observado las compañías en estos minerales, las minas, especialmente en la cuenca de El Triunfo, han quedado abandonadas; viéndose con tristeza casi todo en ruinas; los labrados interiores inundados o derrumbados, siendo imposible entrar a la generalidad de ellos; las construcciones exteriores y las maquinarias que un tiempo indicaron el progreso y estado floreciente de aquellos contornos, en un perfecto estado de destrucción, observándose hacinamientos confusos en los patios, de piñones, ruedas de engranes, tambores, cables y otros materiales, y no siendo raro encontrar en los arroyos estos mismos objetos en lenta emigración.

Durante las exploraciones este abandono ciertamente censurable, tuvo su repercusión, pues no se pudieron visitar las minas en sus laboríos de disfrute, no siendo posible, en consecuencia, estudiar mejor los criaderos, ni deducir del examen en esos laboríos y de la marcha de los criaderos y de la mineralización, tanto al rumbo como a la profundidad, ciertas conclusiones que tal vez hubieran resultado de alguna utilidad.

En cuanto a la forma y disposición de los labrados interiores, igualmente nada pudo obtenerse, pues no fué posible conseguir los planos respectivos.

DATOS HISTORICOS (1)

Por el año de 1533, fué visitada la Península de Baja California, por una expedición mandada por el conquistador de México, Hernán Cortés, quien a su vez, arribó a ella en aquel mismo año; ambas expediciones se supone que anclaron en lo que es hoy la Bahía de la Paz, en la parte baja de la Península. Posteriormente, fueron enviadas varias expediciones españolas, y más tarde la visitaron expedicionarios ingleses.

Todas estas expediciones tocaron la costa más caliente, seca y tempestuosa, la del Golfo de California y parte más baja de la Península, y por lo mismo, los informes de esa región no fueron muy halagadores; así es que se tenía en general la idea de que toda la Península era estéril e improductiva.

Sin embargo, continuaron las expediciones; hacia 1697 fué conquistada la Península, y poco después por el año de 1700, al principio de la colonización de los jesuítas, se comenzaron las primeras minas, estableciendo el centro de explotación al que pusieron el nombre de Real de San Antonio.

Las minas fueron explotadas hasta el año de 1767, época de la expulsión de los jesuítas, careciéndose de noticias sobre el desarrollo que tomaron bajo su administración; no obstante, parece ser cierto que se explotaron en la primera mitad del siglo XVIII, cantidades notables de plata en el Real de San Antonio, y de oro en diversos placeres en los alrededores.

Por aquellos tiempos, don Manuel de Ozio, afortunado pescador de perlas, se radicó en el Real de Santa Ana, próximo a los Minerales de San Antonio y El Triunfo, y comenzó la explotación abriendo las minas de San Ni-

(1) Algunos de los datos referentes a esta parte, fueron obtenidos consultando las obras siguientes: Min. Mex. 39, números 19 y 10; Arch. Comm. Sc. Mexique número 2, 1867; Memoire sur les Mines d'argent de la Basse Californie, par M. E. Guillemin; Anales del Ministerio de Fomento número 8, 1887; Informe relativo a los trabajos ejecutados por la Com. Exp. de la Baja California el año de 1884, por el ingeniero de Minas Joaquín M. Ramos; Boletín Miners número 2, 1916; Los minerales de "El Triunfo y San Antonio," por el Ingeniero de Minas Alfredo Bishop.

colás y San Pedro, en el Distrito de El Triunfo; La Gobernadora y la Mina Rica, en el de Santa Ana; y la de San José y otras, en el de San Antonio. Estableció haciendas de beneficio en Santa Ana y San Antonio, y tuvo la fortuna de encontrar algunos de los mejores filones metalíferos de esa región.

Después durante un período de cerca de cien años, casi se paralizaron los trabajos mineros, pero cuando se descubrieron las minas de California, se prestó nuevamente atención a la Baja California y se formaron varias compañías franco-americanas, americanas y mexicanas, que emprendieron trabajos de exploración y de explotación, en los criaderos situados en la región minera cuyo estudio nos ocupa.

La compañía "La Hormiguera Mining Co.," se fundó por el año de 1871, y explotó las minas Mendozeña, Hormiguera, María, Elena, Triunfante y Farewell; los metales se beneficiaban por el sistema de lixiviación y se calcula que la extracción no debe haber sido menor de 150 toneladas diarias.

Por el año de 1878, esta compañía pasó sus derechos a la del "Progreso Mining Co.," y esta última obtuvo concesión para explorar una zona de 5580 H, 42 A, 18 C., sin pago de impuestos durante veinte años, en los Minerales de El Triunfo y San Antonio. Los fundos que se titularon fueron:

Lote número I	461	hectaras.
„ „ II	353	„
„ „ III	40	„
„ „ IV	325	„
„ „ V	8	„
Higuajil	3	„
Purísima	2	„
La Colpa	4	„

Formando un total de 1,196 hectaras.

El Lote I quedó situado en la zona de El Triunfo; los Lotes II y III, en la occidental de San Antonio; y los IV y V, en la porción oriental de San Antonio.

Bajo el nombre de "Compañía Metalúrgica de la Baja California," esta misma solicitó los fundos que en seguida se indican:

Enriqueta	6	hectaras	de	superficie.
Ciruelo Gordo	6	„	„	„
San Enrique	5	„	„	„
La Frontera	75	„	„	„
Bola Redonda	5	„	„	„
La Guijosa	5	„	„	„
La Lucía	6	„	„	„
La Colorada	10	„	„	„
Dolores	32	„	„	„
San Francisco	8	„	„	„
Concepción	4	„	„	„
La Aurora	3	„	„	„
California	3	„	„	„
Columbinas	5	„	„	„
La Nueva	2	„	„	„
Pico Blanco	4	„	„	„
El Félix	2	„	„	„
Valenciana	22	„	„	„
Guasabe	4	„	„	„
Cruz de las Flores	8	„	„	„
Brasilar	4	„	„	„

Posteriormente se organizó la "Compañía de Minas de El Triunfo," S. A. para arrendar durante un período de 25 años, las minas y haciendas de beneficio de la "Compañía Metalúrgica de la Baja California," pagando una renta de $25,000.00 anuales.

Los trabajos desarrollados por la Compañía del Progreso Mining, llegaron a profundidades de 450 metros; obteniendo metales, del año de 1879 al de 1893, por valor de $30.000,000.00.

Las minas de más activa explotación fueron: Humbolt, Fortuna, San Pedro, San Nicolás, Soledad, Marroneña, Mendozeña, Hormiguera, María, Elena, Triunfante, Farewell y Gobernadora, teniéndose noticias de que en varias de estas minas, continúan los minerales tanto al rumbo como a la profundidad, con buenas leyes en plata, habiéndose suspendido sus labores a consecuencia de la irrupción de las aguas.

En cuanto al estado que guardaban los trabajos por los años próximos al de 1913, transcribo lo que sobre el particular se indica en el informe contenido en el Boletín Minero, N.° 2.—Tomo II, del 15 de julio de 1916.

"La Compañía de Minas del Triunfo," S. A., tiene en explotación las minas: "Marroneña," con un socavón labrado sobre veta de El Triunfo, con 250 metros de desarrollo, un pozo de 40 metros de profundidad y un cañón a este último nivel, con un desarrollo de 20 metros."

"Nacimiento," sobre veta de El Triunfo, consta de dos socavones sobre veta, con 17 metros de desnivel y con un desarrollo de 125 metros el primero y 160 metros el segundo."

"Buena Suerte," sobre la misma veta, con un socavón de crucero con 28 metros de desarrollo y que deberá cortar veta a los 36 metros."

"Ocote," con dos socavones sobre veta, con 12 metros de desnivel, ligados por varios pozos, y con 64 metros de desarrollo el superior y 128 metros el inferior."

"Guasabe," sobre la misma veta, con tres socavones sobre veta, a 24 y 53 metros de desnivel, 32 de desarrollo el superior y 12 metros el inferior."

"Valenciana," sobre la misma veta, y consta de tres socavones; dos sobre veta con 22 metros de desnivel, 32 metros de desarrollo el superior y 60 el inferior, comunicados entre sí por varios pozos, y el otro socavón de crucero con 13 metros de desarrollo, que deberá cortar veta a los 20 metros."

"Dolores," en la zona de Columbinas, con un socavón sobre veta, con un desarrollo de 240 metros,"

"En los fundos denominados Lotes II y III, sobre veta occidental de San Antonio o sea "San José," están labradas las minas."

"Las Animas," con un socavón sobre veta, de 64 metros de desarrollo, y un pozo de investigación con 15 metros de profundidad."

"El Capricho," con tres socavones sobre veta."

"La Reforma," con dos socavones sobre veta y un tiro inclinado. El socavón superior con 320 metros de longitud, y el otro de 480 metros, comunicados entre sí por varios pozos que establecen la ventilación. El tiro alcanza una profundidad de 50 metros y no tiene división entre el camino y departamento de extracción."

"Santa Cruz," un tiro inclinado de 22 metros de profundidad y un cañón a los 20 metros."

"En los Lotes IV y V, o sea zona oriental de San Antonio, están laboradas las minas:

"Palo de Arco," socavón sobre veta de 52 metros de longitud y una lumbrera."

"Cerro Colorado," con dos socavones sobre veta, con diferencia de nivel, de 17 metros. El superior con 46 metros de longitud, y el otro de 28 metros, comunicados entre sí por un pozo."

"Las Guijas," con dos socavones sobre veta, con diferencia de nivel de 43 metros. El superior de 18 metros de longitud y el otro de 21 metros."

"Los Gavilanes," un socavón sobre veta de 26 metros de longitud."

"San Jacinto," con dos socavones sobre veta, con diferencia de nivel, de 9 metros, ligados por dos pozos."

"Soledad," con un socavón sobre veta de 68 metros de longitud y un pozo a los 40 metros."

"El Franco," con dos socavones sobre veta, con diferencia de nivel de 36 metros, y 18 metros de desarrollo el superior y 48 metros el otro."

"La Recompensa," con tres socavones sobre veta, con diferencia de nivel entre los dos superiores, de 18 y 11 metros del segundo al tercero, ligados por tres pozos los dos primeros. El socavón superior tiene una longitud de 22 metros, de 36 metros el segundo y 45 metros el último."

"Las Barrancas," con un socavón sobre veta de 120 metros de longitud y dos lumbreras."

"Todas estas minas se explotan en muy pequeña escala, siendo su extracción total de 50 a 60 toneladas diarias de mineral, que somete directamente al sistema de cianuración cuando los metales son oxidados, y al sistema de lixiviación y cianuración combinados, cuando los metales son sulfurados. La compañía cuenta con dos haciendas de beneficio; una de ellas denominada hacienda de Columbinas, para hacer el tratamiento directo por cianuración, y la otra antigua denominada hacienda del Progreso, montada por el año de 1870, adecuada al sistema de lixiviación, y a la que se le han aumentado tanques de madera para el tratamiento posterior por cianuración."

"Por la región del Mineral de San Antonio, la compañía de "Los San Juanes Reduction Co.," amparó los siguientes fundos:

"Sol de Mayo"	4	hectaras de superficie.
"Cerro de las Campanas"	3	" " "
"Nasheville"	16	" " "
"El Parral"	10	" " "
"La Monona"	10	" " "
"La Luz"	10	" " "
"Denver"	16	" " "
"La Margarita"	12	" " "
"La Golondrina"	10	" " "
"Escuadra"	32	" " "
"San Juanes"	4	" " "
"Libertad"	10	" " "
"Lucía"	10	" " "
"Enriqueta Madge"	16	" " "
En opción, "Testera"	12	" " "
" " "Buena Ventura"	6	" " "
" " "Herradura"	20	" " "
Superficie total	201	

"Desarrolló trabajos de explotación en estos:

"Sol de Mayo," con dos socavones sobre veta, de 30 a 40 centímetros de potencia, con rumbo NE. 20° SW. y echado al W.; uno de dichos socavones tiene un desarrollo de 60 metros y el otro de 100 metros; un tiro inclinado sobre la misma veta con 50 metros de profundidad y un pozo de 30 metros."

"Denver," con dos tiros inclinados sobre veta, de 0.40 metros de potencia, separados uno de otro 20 metros, y unidos por un cañón a los 20 metros de profundidad."

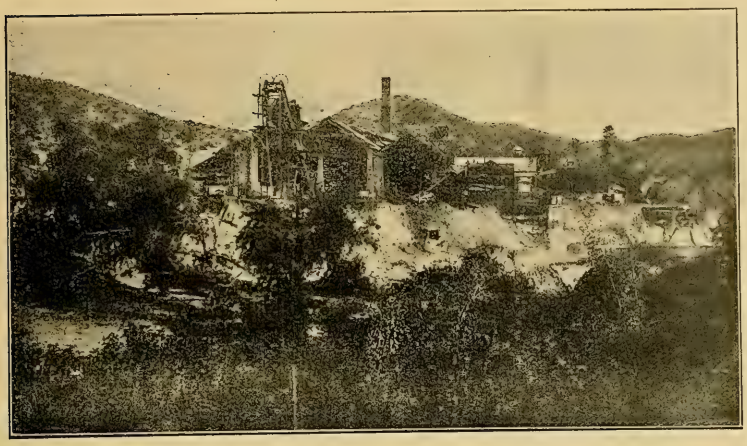
"Cerro de las Campanas," con un socavón sobre veta, con 90 metros de desarrollo y una lumbrera de 25 metros."

"La extracción total de estas minas es actualmente de 15 a 20 toneladas diarias, que se benefician por el sistema de cianuración por percolación."

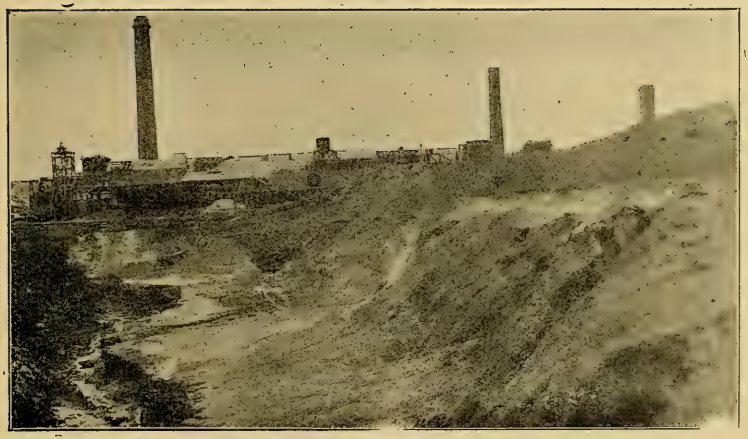
"El valor medio de los metales extraídos es de $15 a $20 por tonelada; los precipitados obtenidos en el mes, tienen un valor de 6 a 8 mil pesos y se exportan a "La Selvy Smelting & Lead, Co.," Vallejo Junction, Cal."

Para los trabajos tanto de las minas como de beneficio, se contaba con una buena dotación de maquinaria, de la que ahora sólo restos se observan: esta maquinaria estuvo distribuída en la siguiente forma:

Espinoseña	Motor de 10 H. P.
Tiro del Vaso	" " 35 " "
Humboldt	" " 15 " "
San Nicolás	" " 20 " "
San Pedro	" " 25 " "
Fortuna	" " 20 " "
Codicia	" " 8 ,
Soledad, (dos motores)	" 20 "
Marroneña	" " 20 " "
Gobernadora	" " 15 " "



Fot. 1.—Ruinas de la hacienda del Progreso. El Triunfo, Baja California.



Fot. 2. Residuos de la hacienda del Progreso. El Triunfo, Baja California.

En cuanto al estado que guardaban las haciendas de beneficio de Columbinas y El Progreso, transcribimos aquí lo que sobre el particular, se lee en el Boletín Minero No. 2, Tomo II, del 15 de julio de 1916:

"Un motor de gas pobre de 100 caballos de fuerza sistema Tancije, de 18″ × 24″ a 180 revoluciones por minuto, trasmite su movimiento a una quebradora Black, 2 molinos Akron Chilian Mill de 3 ruedas, con 30 revoluciones por minuto, que muelen dos toneladas de mineral por hora, pasando por tela del N.° 30; una comprensora Ingersoll de 10″ × 12″, que suministra el aire necesario a tres tanques Pachuca, de 30 pies por 10 de diámetro; una bomba de vacío para filtro Morse, y una bomba centrífuga para elevar las soluciones de cianuro a dos tanques de 10′ × 10′, que distribuyen la solución para la molienda, y a cuatro tanques de 20′ × 5′, para el tratamiento de las arenas por percolación. La precipitación de las soluciones filtradas se hace en cajas por medio de zinc filiforme. La capacidad de esta hacienda es de 50 toneladas diarias y la ley media o valor medio de los metales, $30 a $35 tonelada. Los precipitados una vez lavados y bien secos, tienen una ley media o valor de $30 el kilogramo, que se exporta a los Estados Unidos a la casa Selvy Smelting & Lead Co. Vallejo Junction, San Francisco California, con un valor de la producción mensual de $20,000 aproximadamente."

"Los resultados que podrían obtenerse en esta hacienda, serían muy superiores a los actuales, si a la planta mencionada se aumentaran una separadora Dore, 5 concentradores y un molino de tubo para 50 toneladas."

"En la hacienda del Progreso son tratados los metales sulfurosos por el sistema de lixiviación y por cianuración posterior. Un motor de doble cilindro, de expansión y condensación, de 60 caballos efectivos, de la fábrica de John Flowers Co., pone en movimiento una batería de 50 mazos y demás accesorios de la hacienda. Actualmente sólo 15 mazos están en movimiento durante el día, y muelen en seco 15 toneladas de mineral, con un valor medio de $35 a $40 la tonelada, pasándolo por tela del número 24; el metal en ese estado pasa a los hornos de reverberación y cloruración, y de los nueve hornos con que cuenta esta hacienda, sólo uno de ellos está en servicio activo, con una capacidad de 560 kilogramos por hora; estos hornos se componen de 4 mesas o departamentos: en los dos primeros, el metal sufre la calcinación y reverberación por la acción de una flama oxidante; al pasar al tercer departamento, se trata con 8% de cloruro de sodio, terminándose la operación en la cuarta mesa, al final de 4 horas de tratamiento; una vez terminada la cloruración se deja enfriar y se somete al tratamiento bien conocido de lixiviación, en tinas de madera de 20′ × 6′ y los residuos de la lixiviación previamente lavados, se tratan por cianuración en tinas de madera de igual capacidad y por percolación. La solución de hiposulfito empleada para disolver los cloruros es de 0.25 a 0.35 por ciento, y la de cianuro, de 0.02 a 0.05 por ciento. La precipitación de la plata y algo de oro, se hace por medio de sulfuro de calcio, en el sistema de lixiviación, y en el de cianuración, en cajas con zinc filiforme."

"Los precipitados obtenidos mensualmente en esta hacienda, tienen un valor aproximado de $10,000 (diez mil pesos), y son exportados junto con los de la hacienda de Columbinas."

La compañía Minera del Progreso, introdujo el procedimiento de cianuración, mejorando así los procedimientos de beneficio de que se disponía.

Con referencia a la producción, alguna idea se tendrá anotando que durante el año fiscal de 1883 a 1884, la compañía del Progreso, de El Triunfo, exportó plata pasta por valor de $329,400.00 y que por el año de 1890, la exportación en barras a los Estados Unidos, del Distrito Minero de San Antonio y El Triunfo, se estimó en $606,280.00 en oro, y las importaciones en maquinaria y otros efectos en $133,108.41.

Ante la Agencia de Minería en El Triunfo, últimamente se han presentado las solicitudes siguientes, con el fin de amparar fundos en el mineral de San Antonio:

Las Animas.—Azufre, oro y molibdeno.
San Simón.—Antimonio.
Las Jícaras.—Oro y Cobre.

La Brecha.—Fierro.
Egidos del Pueblo.—Oro y Antimonio.
El Refugio.—Molibdeno y Oro.
Cerro Alto.—Oro, Plata y Plomo.

Por los datos anteriores, es de darse cuenta del estado de bonanza y actividad, de aquellos minerales en un tiempo no lejano, pues sus minas estuvieron trabajando con regularidad, dotadas de la maquinaria indispensable, y aun cuando sus minerales en la generalidad, no acusaban leyes elevadas, la extracción era relativmente abundante; bastante personal se ocupaba, y el bienestar producía sus resultados en los poblados de aquellos contornos, que ahora sufren las consecuencias de la paralización ya prolongada de los trabajos mineros, su principal fuente de recursos.

El estado precario que han engendrado esas causas, ha sido agravado por fenómenos naturales de destrucción, siendo el más reciente el ciclón del mes de septiembre de 1918, que con sus efectos aumentó la tristeza y desolación en aquellos lugares.

De desearse sería que la Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, con las miras altruistas gué la han distinguido por su amor y protección a la clase trabajadora, tomara alguna participación a fin de buscar los medios conducentes, para cesar el mal estado que en esa región actualmente se observa.

Situación

En la porción S. de la cadena, que pasando por Cacachilas se extiende hasta el gran macizo montañoso que forma la terminación meridional de la Península de Baja California, pero ya cerca de su unión con este macizo, se encuentran situados los Minerales de El Triunfo y San Antonio, pertenecientes a la Municipalidad de San Antonio, Distrito S. de la Baja California.

Los lugares de más importancia comprendidos dentro de estos minerales, son: los pueblos del Triunfo y San Antonio. El Triunfo tiene por coordenadas geográficas: 23° 48′ 13″ de latitud N. y 10° 57′ 00″ de longitud al W. del meridiano de Tacubaya, según datos proporcionados por el Observatorio Astronómico; una población de 2,341 habitantes, de acuerdo con el censo de 1910, publicado por la Dirección General de Estadística, y una altura sobre el nivel del mar de 515 metros (1); San Antonio a una distancia de 5.3 kilómetros al NE. del Triunfo, con una población de 937 habitantes, según el censo ya mencionado, y con una altura sobre el nivel del mar de 435 metros.

Vías de comunicación

Varios son los caminos que ponen en comunicación al Triunfo y San Antonio con otros lugares de la Península; de éstos algunos son carreteros bastante buenos, pues se recorren con toda comodidad en automóvil, y otros son caminos de herradura, por lo general perfectamente transitables, y que, por consiguiente, no ofrecen grandes dificultades al viajero.

Como estas vías, dado lo angosto de la Península, se desarrollan casi siempre hasta tocar lugares bañados por las aguas de los mares, y como varios de estos puntos son el asiento de puertos de importancia, como La Paz, capital del Distrito Sur, y de otros de menor categoría, como Todos Santos y San José del Cabo, queda así asegurada la comunicación de estos minerales con la costa, y, en consecuencia, disponiendo de embarcaciones, con el resto de la República así como con el extranjero.

Hacia el NW. comunicando con el puerto de La Paz, existen dos rutas principales: una con un desarrollo aproximado de 50 kilómetros y que toca El Portezuelo, arroyo de los Huizaches, El Mocho, Don Mariano, San Blas, Trinchera, Acequia de los Verdes, Acequia de La Pedregosa, Calabazas, Ace-

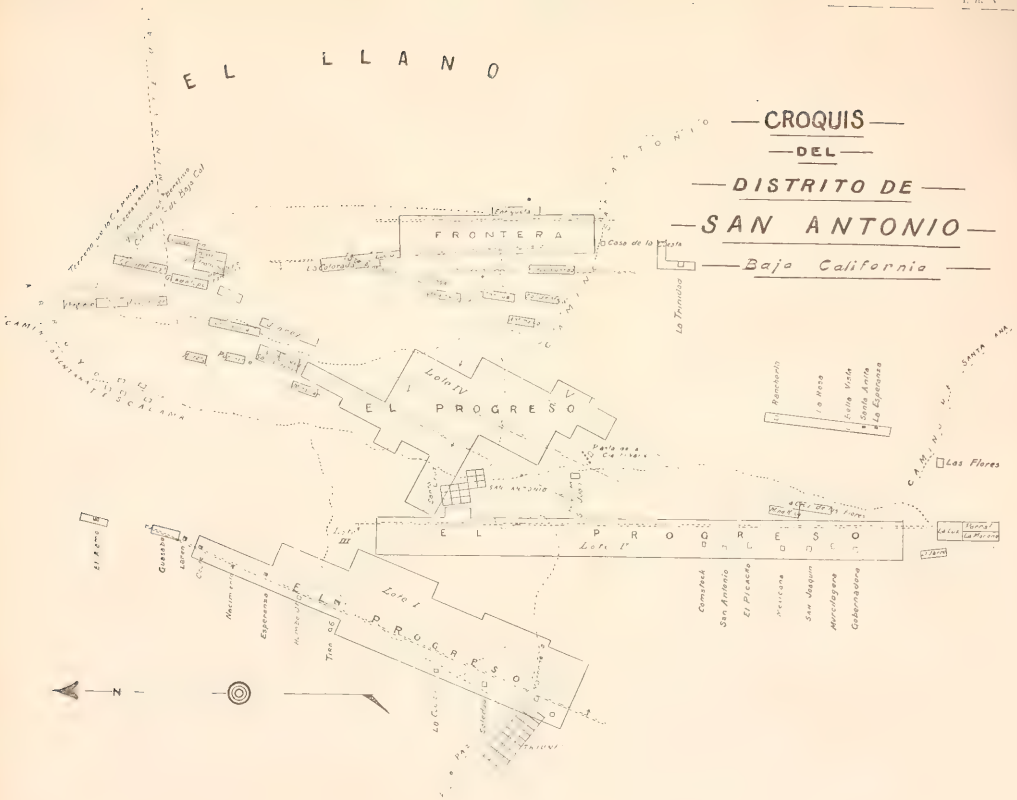
(1) Las alturas indicadas en este estudio fueron tomadas con aneroide.

Fot. 3.—Mineral de El Triunfo, Baja California.

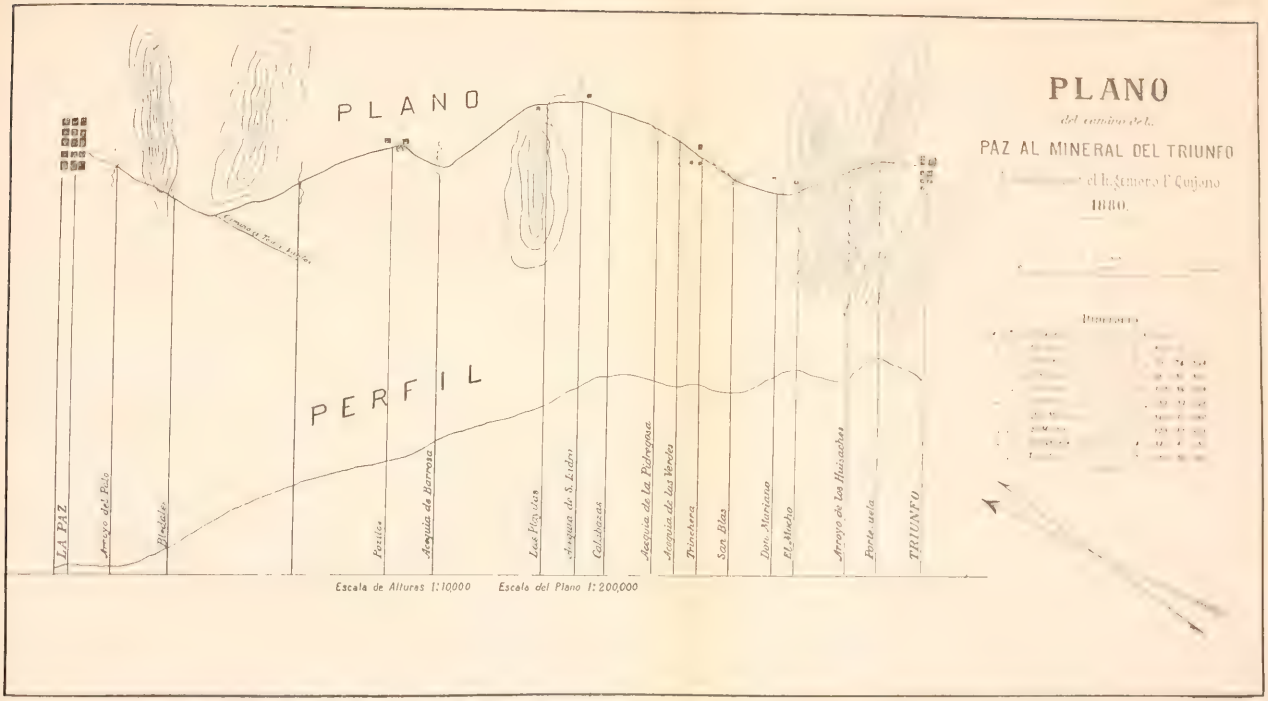
Fot. 4.—Mineral de San Antonio, Baja California.

Bol.

CAM


CROQUIS
DEL
DISTRITO DE
SAN ANTONIO
Baja California
EL LLANO
FRONTERA
Casa de la Aduana
La Trinidad
Lote IV
EL PROGRESO
Lote III
Lote II
Lote I
Ranchuelo
La Rosa
Estela Vieja
Santa Anita
La Esperanza
Santa Ana
Los Flores
Turnal
La Florida
Comstock
San Antonio
El Picacho
Mexicano
San Joaquin
Murciélagos
Gobernadora
Esperanza
Tres Reyes
Gaseosa
Larrea
El Ramo
N

Bol.


PLANO
del camino de la
PAZ AL MINERAL DEL TRIUNFO
1880.
PLANO
PERFIL
LA PAZ
Arroyo del Palo
Pradillo
Posillas
Acequia de Barroso
Las Piquetas
Acequia de S. Lidro
Colchazas
Acequia de la Piedrosa
Acequia de las Verdes
Trincheria
San Blas
Don Mariano
El Mineto
Arroyo de Los Huisaches
Portezuela
TRIUNFO
Escala de Alturas 1:10000
Escala del Plano 1:200,000

quia de San Isidro, Las Playitas, Acequia de la Barrosa, Pocitos, Los Bledales y el arroyo del Palo; y la otra, buena carretera para automóviles, de longitud un poco mayor que la anterior y que pasa por el arroyo del Palo Blancart, San Pedro, arroyo de San Isidro, arroyo de La Barrosa, El Mesquitito y Los Bledales.

Hacia el NE. se encuentra la carretera para automóviles y otros carruajes, que une al Triunfo con San Antonio, que se prolonga hasta más allá del rancho de Atezcalama y de la Planta de la Negociación de Columbinas y que, con poco costo y trabajo, pudiera acondicionarse hasta tocar el rancho del Tecuán; además, se tienen los caminos de herradura en buenas condiciones, que atravesando las alturas divisorias entre El Triunfo y San Antonio, conducen hasta la bahía de La Ventana, frente a la isla de Cerralvo, en el Golfo de California.

Al SE. se presenta la vía que flexionándose en su comienzo, un poco al NE., toca San Antonio, para después con el rumbo primeramente indicado dirigirse hacia Agua Blanca, La Venta, El Rodeo, San Bartolo y continuar hasta el puerto de San José del Cabo. Esta vía últimamente fué mejorada de una manera notable, en su tramo entre El Triunfo y San Bartolo, pues se acondicionó para ser recorrida por carruajes y automóviles.

Al SW. surca el terreno la vía que liga al Triunfo con Todos Santos, es también para automóviles y carruajes y su curso es como sigue: saliendo de El Triunfo con rumbo al NW. llega hasta el Palo Blancart, después hacia el SW. se dirige francamente a Todos Santos, tocando los puntos intermedios de Santa Rita y Las Tres Pachitas.

De manera que en cuanto a comunicaciones, se encuentran bien dotados los Minerales de que tratamos; pudiendo decirse que sería cuestión relativamente fácil, el establecimiento de vías férreas, lo que redundaría en bien de la economía del tiempo y de los transportes, beneficiando a muchos lugares cercanos, que en la actualidad quedan forzados a la pérdida de algunos productos, tales como frutas de calidad superior, pero que no resisten el alza de los fletes en la actualidad.

Fisiografía

La porción montañosa donde se encuentran situados los Minerales de El Triunfo y San Antonio, constituyen una pequeña parte de la sierra Oriental, que desde su junta, por el Sur, a la altura del paralelo que pasa por el monte Limantour con la que hemos llamado sierra de la región del Cabo, se extiende con una dirección NW. hacia Cacachilas, continúa hacia el N. de los alrededores de La Paz, y prolongándose por las Islas de Espíritu Santo, de San José, y en general por la cadena que bordea al Golfo de California, tal vez sea la continuación en el Sur de lo que el señor Lindgren, como resultado de sus observaciones en las proximidades de La Ensenada de Todos Santos, considera como la cordillera del Este, o segundo block orográfico; (1) y de lo que los señores S. F. Emmons y G. P. Merril designan en el estudio que hicieron en una región más al Sur de la visitada por el señor Lindgren, como la cordillera Oriental.

De todas maneras forma una parte de la gran cadena peninsular que puede juzgarse, apoyándose en las razones expuestas por el señor M. E. Guillemín, en su memoria sobre las minas de plata de la Baja California (2), y por los señores Emmons y Merril en su trabajo ya anotado, fundados en la forma topográfica y en la estructura geológica, como la extensión hacia el Sur de la sierra Nevada, de la Alta California.

Ahora bien: concretándonos al asunto que nos ocupa, indicaremos que en los flancos de los accidentes montañosos cercanos a la situación geográfica que hemos dado para El Triunfo, existen dos pequeños valles en cuyas

(1) Bulletin of the Geological Society of America. Geological Sketch of Lower California by S. F. Emmons & G. P. Merrill.

(2) Archives de la Commission Scientifique du Mexique. 2, Memoire sur les mines d'argent de la Basse Californie.

cuencas afloran los criaderos minerales de que vamos a tratar, y que designaremos con los nombres de las cuencas del Triunfo y de San Antonio.

La del Triunfo es una cuenca casi cerrada, pues sólo por el SW. se abre un estrecho paso entre los cerros de La Cruz y de Quiénsabe, que tiene más bien los caracteres de un cañón o desfiladero.

Está limitada al N. por los cerros Alto y el del Vaso, cuyas cimas se levantan a las alturas de 938 y 670 metros, respectivamente, sobre el nivel del mar (1); al E. por las elevaciones de La Joya, San José y La Sierrita, con las alturas, en sus cimas, de 735 y 929 metros para la primera y la última; al S. por los cerros del Triunfito, Cabras, Coyotito, Cementerio y parte del cerro de Quiénsabe, con las alturas de 668 y de 590 metros, para los de Cabras y Cementerio respectivamente; al W. por las alturas de La Pizoneña, La Noria, La Cruz y el Quiénsabe, que yerguen mejestuosos sus cumbres a los 870, 789, 703 y 687 metros sobre el nivel del mar.

En el interior de la cuenca, circundada por los límites antes indicados, se levantan eminencias de diferentes alturas, que forman parte del encadenamiento general, y entre las cuales podemos citar:

La Fortuna	809	metros sobre el nivel del mar.
La Choya	589	„ „ „ „ „
El Picachudo	629	„ „ „ „ „ „
Las Delicias	589	„ „ „ „ „ „
La Ladrillera	558	„ „ „ „ „ „
La Mendozeña	657	„ „ „ „ „ „

El pequeño valle es más bien accidentado, tanto que mejor pudiera tomársele por una cañada, pues sólo cortas extensiones de reducida pendiente contiene, estando considerada entre éstas la parte donde se encuentra el pueblo.

De estas extensiones que ocupan en general los niveles bajos, se levantan accidentes más o menos sinuosos y de corta altura, que van a unirse a las elevaciones principales.

Como prolongaciones a la planicie general, de que nos ocupamos al tratar de los itinerarios, La Paz, Juan Márquez y La Paz, Todos Santos, así como también independientes de ésta, se encuentran otros pequeños valles, que una vez franquedas las alturas que limitan la cuenca del Triunfo, se ven colocadas de la manera siguiente: al E. el de San Antonio, al S. el de Canovas y el del Oro, al W. el de Codio.

La comunicación entre estas porciones de pendiente suave, en relación con el resto del terreno, se verifica por pasos o portezuelos de alturas diferentes, que existen entre las elevaciones principales y que se designan así:

Portezuelo del tiro 96, entre los cerros 96 y La Joya	649	metros sobre el nivel del mar
„ de los Sanjuanes, entre La Joya y La Sierrita	689	„ „ „ „ „ „
„ del Oro, entre la Sierrita y Las Cabras	609	„ „ „ „ „ „
„ de Canovas, entre el Cementerio y el Quiensabe	549	„ „ „ „ „ „
„ de San Lino, entre La Cruz y La Noria	614	„ „ „ „ „ „
„ de Pizoneña, entre La Pizoneña y el Alto	734	„ „ „ „ „ „
Paso entre los cerros La Cruz y Quiensabe	449	„ „ „ „ „ „

Los alineamientos generales de la cuenca del Triunfo, indican que de los factores activos de cuyo funcionamiento ha resultado su topografía, son los agentes diastróficos los que debemos tener en cuenta en primer lugar; de manera que la topografía actual, bien se puede tomar como tectónica en carácter y determinada por el diastrofismo, a cuyos efectos se han unido los de rocas plutónicas intrusivas. Por la variedad y el grado de relieve que se observa, se llega a la conclusión de que los agentes de denudación han trabajado de una manera enérgica, dando lugar a varios fenómenos como la alteración y desintegración de las rocas, y al establecimiento de una red de arroyos, que descen-

(1) Las alturas que se indican en esta parte, se obtuvieron corrigiendo las observadas en el aneroide, del error que tenían con las que dió la triangulación practicada por la Sección de Topografía.

Fot. 5.—Valle de El Triunfo. Baja California.

Fot. 6.—Cuchillas en el cerro de la Ladrillera. El Triunfo, Baja California.

diendo de todas las vertientes de la cuenca, han excavado el terreno a un grado tal, que bien se le puede considerar en el estado de madurez del ciclo de desarrollo topográfico.

Como los detalles de la topografía en nuestro caso, han sido determinados también por otra clase de factores, de carácter más bien pasivo, que atañe a la variedad en la naturaleza, disposición y carácter físico de los materiales, cuya acumulación constituye la estructura sobre la que se ha modelado la topografía, resulta que aunque en lo general las elevaciones son de contornos curvos y suaves, pues predominan sobre las porciones escarpadas y acantiladas, existe variedad en las formas, pero que son notables dos: una en que las elevaciones se presentan casi cónicas, como en el cerro de La Fortuna, y otra determinando un eje del que parten varias cuchillas, como en los cerros de La Noria, La Cruz, etc.; esto se debe a que existen varios afloramientos de roca, cuyo carácter físico es distinto a las demás, pues es de dureza superior y también más resistente; los afloramientos de que tratamos tienen algunas partes anchas y otras donde se reducen o se pierden, determinando por consecuencia, partes de desigual resistencia en las elevaciones; de manera que conservándose con más facilidad donde la roca de dureza mayor es más potente y destruyéndose donde disminuye o se pierde, como resultado se obtienen las formas casi cónicas, interrumpidas por ondulaciones hacia abajo de la superficie del terreno, y los lomos o cuchillas que más o menos paralemente se dirigen al encuentro de uno principal.

Como el terreno ha estado sujeto a la acción de fuertes presiones, se originaron algunas fallas y zonas de grietas, que unidas a las que se produjeron cuando se verificó el enfrimiento de las rocas, han tomado también parte en los detalles de relieve.

Reflexionando sobre lo expuesto, queda patente la complexidad del problema, referente al estudio de la genomorfología de una región, pues hay que atender a muchas causas y efectos, cuya buena interpretación está llena de dificultades, pero que haciendo un resumen de los agentes que entran en funcionamiento y de cuya acción resulta la topografía general de un terreno cualquiera, sin preocuparnos de los factores que regulan los detalles de ella, podemos comprenderlos en dos grupos: los agentes diastróficos y los de agradación y de degradación.

Para concluir anotaremos algunos datos de utilidad que se refieren a ciertos lugares, situados en las llanuras vecinas de El Triunfo:

Cruzamiento del camino con el arroyo del Tule, Vallecito de Canovas	464	metros sobre el nivel del mar.
El Oro	499	" " " " " "
Misión del Rosario	469	" " " " " "
Rancho de San Lino	549	" " " " " "
La Calera	509	" " " " " "

La cuenca de San Antonio pertenece a un valle abierto hacia el N. en la dirección de la Bahía de La Ventana, situada en el Golfo de California.

Tiene como límites al E. la sierrita de San Antonio, estribación alargada en una dirección próxima al NS., y que entre otros puntos culminantes, proyecta los llamados cerros de Los San Juanes, del Crestón, de La Campana y el de Atezcalama, con las alturas en sus cumbres de 723, 642 y 454 metros, respectivamente, para los tres últimos, sobre el nivel del mar; al S. se verifica un acercamiento entre la sierrita anterior y la que sirve de límite entre las dos cuencas que nos ocupan, acercamiento definido por el portezuelo del Parral; al W. se desarrolla este último accidente orogénico, colocado entre El Triunfo y San Antonio, y que magestuoso levanta sus cumbres principales, designadas cerro del Vaso, 96, La Joya, San José y La Sierrita, a las alturas que indicamos al tratar de la cuenca del Triunfo.

En el interior se levantan algunas eminencias de corta elevación, pero que forman parte del encadenamiento general, contándose entre ellas el cerrito de Lachurea, con 486 metros sobre el nivel del mar.

El alargado vallecito que se describe, es accidentado y estrecho en sus principios, es decir, hacia el puerto del Parral, pero a medida que se avan-

za con dirección al N., se va abriendo más y más, hasta alcanzar su mayor anchura al juntarse con las llanuras litorales próximas a la Bahía de La Ventana, en el Golfo.

Los contrafuertes que se desprenden de los accidentes orogénicos limítrofes, y que encajonan la parte inferior del valle, se manifiestan ahí en lo general con fuertes pendientes, y algunas veces, sobre todo cuando cambia la naturaleza de la roca, como verdaderos acantilados, observándose esto de preferencia en los tramos cercanos al nacimiento del valle y en los próximos al lugar conocido con el nombre del Cantil, donde existe un depósito de rocas sedimentarias, poco coherentes y que han dado lugar a un acantilado casi a plomo.

Una vez pasada esta accidentación, siguen los contrafuertes elevándose más o menos sinuosos, pero con sus contornos más arredondados y menos escarpados fuera de la proximidad de los arroyos, carácter que por lo regular conservan y que sólo es interrumpido de vez en cuando por los muros escabrosos de algunos diques que afloran en el terreno, como sucede en los cerros de Los San Juanes, El Crestón y La Campana, y por los desalojamientos producidos por algunas fallas, como entre las minas de Guasabe y Valenciana.

Atravesando la sierrita de San Antonio se llega a la depresión llamada planicie de Tecuán, limitada al E. por el alargado accidente orogénico de este mismo nombre; en este pequeño valle también abierto hacia las costas del Golfo de California, se encuentra el rancho del Tecuán, a la altura de 229 metros sobre el nivel del mar.

Franqueada la sierrita del Tecuán en dirección al E., salvo otras pequeñas depresiones, el terreno asciende con firmeza hacia la región montañosa, donde se presenta la elevada sierra del Panadero, en cuyos flancos, distintos de los que hasta ahora hemos tratado, sobre todo por manifestarse la vegetación más vigorosa, pues ya se observan algunos encinos, se asientan los pintorescos ranchos de El Palo Verde, El Mautal y Los Encinos, a las alturas de 429, 509 y 729 metros, respectivamente.

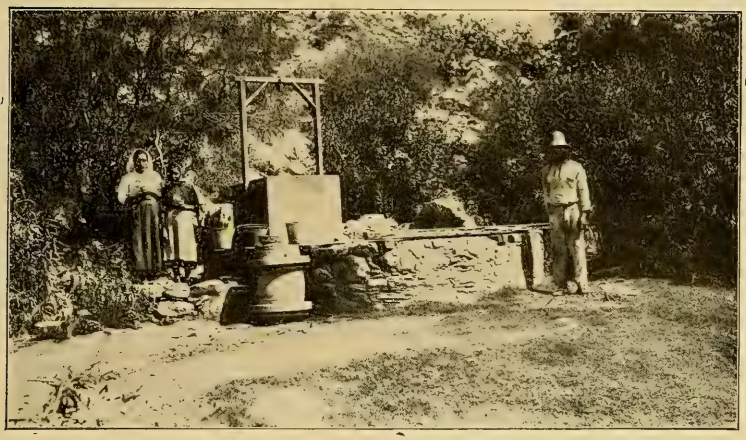
Atendiendo a los caracteres generales de la topografía de la región de San Antonio, podemos decir como en la Cuenca del Triunfo, que la topografía actual es tectónica; y que refiriéndonos a los efectos producidos por los varios agentes de denudación, es de considerarse en el estado de madurez del ciclo de desarrollo topográfico.

Magníficos son los panoramas que se dominan desde ciertas alturas, como, por ejemplo, en la cumbre del cerro de Quiénsabe y en el tramo del parteaguas entre El Triunfo y San Antonio, al N. de la mina Humboldt.

Desde el primero y mirando hacia el Pacífico, se contempla al frente y a la derecha, la extensa llanura de color blanco, que en sus principios acusa ciertas irregularidades, pero que más lejos se pierden por no percibirse a causa de la distancia, y entonces semeja un mar glacial de pack inmóvil, en cuya tranquila superficie se destacan de cuando en cuando islotes aislados, que no son otra cosa más que los apófisis graníticos que surjen desde el fondo; a la izquierda estos apófisis son menos raros y por fin se presentan llenos de majestad y elegancia, los bien modelados contrafuertes de la sierra de la región del Cabo, que en sus puntos culminantes, allá en el horizonte, proyecta remates caprichosos como La Aguja, La Capilla y La Laguna.

Por las tardes los fenómenos crepusculares son maravillosamente hermosos, con su variedad de matices, dignos de la pluma de un poeta y del pincel de un artista.

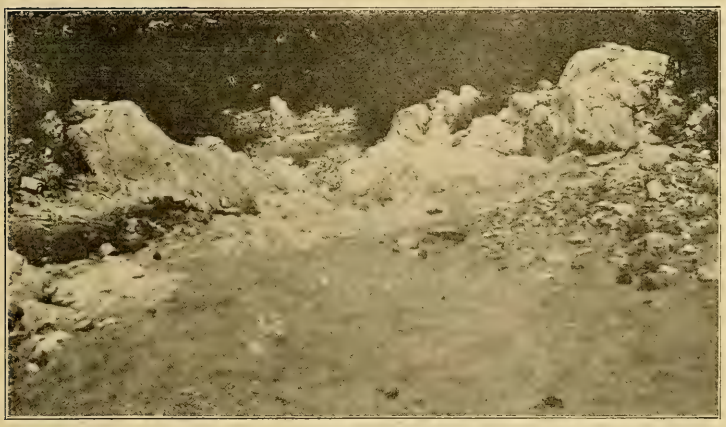
Desde el segundo, el paisaje es verdaderamente seductor, pues dando frente al Golfo de California, hacia la Bahía de La Ventana, se distingue a la izquierda el elegante perfil de la sierra de Cacachilas; al frente se alza del seno de las aguas la gran mole de la Isla de Cerralvo, que como formidable guardián vela la entrada de la Bahía de La Ventana; en la costa el contorno regularmente cortado de esta Bahía, continuamente acariciada por las espumantes olas del Golfo; a la derecha, en primer término, las esbeltas sierritas de San Antonio y del Tecuán, y más a lo lejos, los esculturados flancos de la sierra del Panadero; y por último, al pie, las llanuras litorales que en algu-



Fot. 7.—Pozo en un arroyo al pie del cerro de La Cruz. El Triunfo, Baja California.

Fot. 8.—Arroyo del Triunfo, entre los cerros de La Cruz y Quiénsabe.
El Triunfo, Baja California.

Fot. 9.—Manantial en el arroyo de la Margarita. San Antonio, Baja California.



Fot. 10.—Cauce del arroyo del Triunfo. El Triunfo, Baja California.

nas partes desprenden ramales que se internan entre las montañas para formar los valles.

Por las tardes este paisaje es encantador, pues se manifiesta cubierto por una bóveda policroma, matizada por las fulguraciones crepusculares de un sol agonizante, y el todo constituye un atrayente conjunto, cuyas bellezas hacen meditar en la grandeza y perfección de la naturaleza hasta en sus más nimios detalles, y comprender las inagotables delicias del poeta que la canta, del artista que la siente y del sabio que la interpreta.

Hidrografía

El drenaje de la cuenca del Triunfo, se verifica por la red de pequeños cauces establecidos en todas sus vertientes, y cuya unión da lugar a otros de más importancia por sus dimensiones y desarrollo y que a su vez descendiendo a los niveles más bajos, se convierten en afluentes del colector general conocido con el nombre de arroyo del Triunfo.

De la vertiente N. descienden como principales los arroyos de la Pizoneña, que se une directamente al del Triunfo; el de La Fortuna y el del Tiro 96, que forman el arroyo de Soledad, cuyo curso bien marcado hacia el SW., determina su confluencia con el del Triunfo a la entrada N. del pueblo.

En la vertiente E. se presentan como más notables el de La Joya, el de La Puerta Azul y el de los Troncones de Palma, que después de verificar su confluencia, dan lugar al arroyo conocido con el nombre de la Puerta Azul, que en su desarrollo en la dirección aproximada EW., atraviesa el pueblo y se liga por fin con el colector común.

Por la vertiente S. el más considerable es el arroyo del Triunfito; siendo los que bajan de los cerros de Cabras, Cementerio y Quiensabe, de escasa importancia.

Por el W. se presentan el del Portezuelo de San Lino, y los arroyitos que surcan los flancos de los cerros Pizoneña, Noria y La Cruz.

El arroyo principal ó del Triunfo, se origina en los alrededores del Portezuelo de La Pizoneña, en la porción N. de la cuenca; sigue un curso poco sinuoso en una dirección general NS. poco desviada al SW. y por fin entre los cerros de La Cruz y Quiensabe, abandona la cuenca, torciendo su curso hacia el NW., y determinando, en consecuencia, un codo bastante brusco; después continúa por entre las elevaciones que constituyen la región montañosa, para dirigirse ya en terreno menos escabroso y pendiente, al encuentro del arroyo del Carrizal, que desemboca en el Océano Pacífico.

En los componentes de esta red que se acaba de describir, no siempre hay agua de escurrimiento superficial, pues proviniendo ésta por lo común de las precipitaciones atmosféricas que ahí tienen lugar, resulta que sólo se encuentra durante un cierto tiempo que depende de la estación y de la intensidad y duración de las lluvias; durante nuestra estancia sólo en algunos de los arroyos principales se veía correr el agua, pero no en todo lo largo de su cauce, sino por porciones que dependen de la acumulación de los azolves y de la forma del lecho sobre que descansan.

Sin embargo, existen otras vías donde tuve noticias que siempre escurre el agua, como en el arroyo del Triunfito, que baja por los flancos de la porción S. de la sierra limítrofe entre El Triunfo y San Antonio, y que por esta razón, así como por ser el agua de superior calidad a la que se encuentra en el arroyo del Triunfo, me inclino a creer que está abastecida por manantiales de agua de circulación subterránea, por conductos supercapilares, pues de estos manantiales encontré algunos en la misma sierrita, del lado de la cuenca de San Antonio.

Los conductos de agua tributarios han escavado profundamente el terreno, sobre todo en la región de las aguas salvajes, determinando que sus cajas sean abruptas y escarpadas, con los bordes fuertemente accidentados, cuyo carácter desaparece a medida que se desciende y se alcanzan las regiones de más suave pendiente.

La red me parece estar ya en el estado de madurez, del ciclo del desarrollo hidrográfico, y estar compuesta por arroyos consecuentes con relación al interior de la cuenca.

El cauce del arroyo del Triunfo, participa en su nacimiento de la accidentación propia del terreno, pero desde el cerro de La Noria al paso entre los cerros de la Cruz y Quiénsabe, su pendiente no es fuerte y es casi uniforme; al entrar en el paso indicado, su carácter cambia y el fondo del cauce se presenta muy desigual e irregular, mostrando a través de los aluviones apófisis y rugosidades de la roca, en la que está cortando su camino; los bordes son de fuerte pendiente y por tramos casi acantilados.

Este cambio de la topografía del lecho del arroyo, se debe a que en este lugar ha variado la roca, pues deja los esquistos cristalinos para entrar en la roca granítica, y por que está atravesando allí la masa montañosa de los cerros La Cruz y Quiensabe, en la que ha labrado un profundo cañón.

Reflexionando sobre la disposición del cauce de este arroyo, en esta salida, me parece que podemos considerarlo como antecedente, pues aunque para abrirse paso es muy probable que ha aprovechado algunas líneas de debilidad y desalojamiento de la formación, es indudable que ha mantenido su curso a pesar del distrofismo que ha afectado a la península, (1) deduciéndose que los movimientos ascencionales son de tal manera lentos, que han permitido a este arroyo seguir cortando su cauce a través de esta barrera, a profundidades de cerca de 240 metros.

La cuenca de San Antonio se desagua especialmente por el arroyo del mismo nombre, término al que vienen a juntarse los tributarios que descienden de las vertientes.

El arroyo nace en las proximidades del portezuelo del Parral, y se desarrolla con una dirección aproximada al NS., hasta desembocar en la bahía de La Ventana, en el Golfo de California.

En el trayecto de su curso más bien regular y poco sinuoso, recibe antes de llegar al cerrito de Atezcalama, varios afluentes, entre los que mencionaremos por la vertiente E., los del crestón de La Campana; y por la W., los del Picacho, de la Trinidad y el de Valenciana; después se une a otros arroyos como los del Tecuán y de Palo Verde, pero ya fuera de la cuenca de que nos ocupamos.

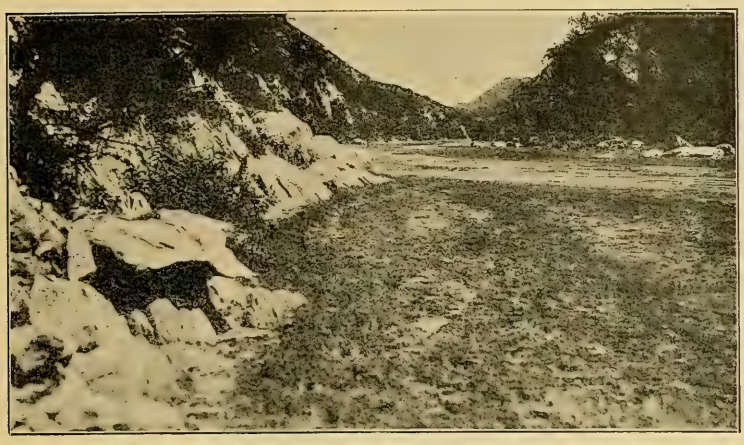
Los conductos de agua secundarios que surcan las vertientes, están la mayor parte del año sin agua, pues sólo hay escurrimientos superficiales en la época de lluvias, durando más o menos en relación con la intensidad y persistencia de las precipitaciones atmosféricas; en el arroyo de San Antonio, así como en algunos tributarios, durante el tiempo de nuestras exploraciones, sí había agua deslizándose en sus cauces, y por informes que se obtuvieron parece que es raro el que desaparezca por completo, y así debe ser, porque hay agua de circulación subterránea por litoclasas que afloran bajo la forma de manantiales en los flancos de los macizos orogénicos, y entre los que pudiéramos citar los manantiales de San Antonio, que abastecen al pueblo.

Los arroyitos secundarios han practicado cortaduras de alguna profundidad en ambas vertientes, determinando desigualdades que imprimen un carácter escarpado al terreno; las cajas son también irregulares y participan de la accidentación general, estando todo esto en relación con algunos accidentes tectónicos del terreno, como sucede en el arroyo de Valenciana, que parece seguir la línea de una falla y con el régimen torrencial y periódico que debe caracterizarlos.

El conjunto de la red hidrográfica, tal como en El Triunfo, podemos comprenderla en el estado de madurez del ciclo de desarrollo hidrográfico, y constituída por elementos consecuentes.

El arroyo de San Antonio, de manera diferente al del Triunfo, en la región estudiada no ha sufrido desviaciones bruscas, pues ligeramente fle-

(1) Bulletin of the Geological Society of America. Vol. V.—Geological Sketch of Lower California, by S. F. Emmons & G. P. Merrill.



Fot. 11.—Arroyo del Triunfo. El Triunfo, Baja California.

Fot. 12.—Manantiales de San Antonio. San Antonio, Baja California.

xionado sigue su curso en una dirección casi al NS. hasta el Golfo; el fondo de su cauce es más bien uniforme y de poca pendiente, sufriendo algunas veces estrechamientos que no tienen importancia en su desarrollo general.

Por lo anteriormente expuesto, se llega al conocimiento que la sierrita que separa las dos cuencas, forma también el parte-aguas para ambas costas de la península, teniendo su vertiente E. del lado de San Antonio, cuyo drenaje es hacia el Golfo de California, y su vertiente W., del lado del Triunfo, con su drenaje hacia el Pacífico.

Geología

La estructura de algunas formaciones como la de que nos vamos a ocupar es complicada y difícil la interpretación de los fenómenos que allí han tenido lugar, pues a medida que se intenta penetrar a los detalles, se llega al convencimiento de que mayor número de obstáculos hay que vencer, y que por consiguiente, es de concederse alguna indulgencia a los que escriben sobre asuntos relacionados con la ciencia, siempre que sus aserciones no estén en pugna con los fundamentos de ella, afortunadamente ésto existe ya en el espíritu de los hombres de probidad científica y de lo cual suelen apartarse los que miran a la ligera esta clase de trabajos y que todo se vuelven censuras, precisamente porque son superficiales e ignoran las dificultades de un verdadero estudio.

Lo escrito es especialmente para aquellos eternos disgustados con las producciones que no son suyas, que nada bueno les encuentran, y sí las ven llenas de defectos y plagadas de errores; que se imaginan que sólo ellos van por el camino de la ciencia, y no se dan cuenta, que la mayor parte de lo que produce su cerebro, acusa más bien un estado patológico, que la posesión de un criterio sano tan indispensable en los trabajos que tienden a la seriedad y a escalar el templo donde se rinde culto a la verdad.

Concluída la anterior digresión, que suplico se me perdone, entro en materia.

Las rocas que por su conjunto constituyen la formación del terreno en que se encuentran los minerales del Triunfo y San Antonio son: sedimentarias, ígneas y metamórficas.

Entre las sedimentarias, hay que distinguir los depósitos mecáncios y los precipitados químicos; comprendiendo entre los primeros, los materiales sueltos que constituyen los aluviones y en general los acarreos y productos detríticos que llenan especialmente las hondonadas y lecho de los arroyos; las acumulaciones que se muestran con cierto grado de consolidación y de estratificación, y las aún más consistentes, que han determinado la formación de depósitos de brechas. En los segundos, la toba caliza, comúnmente conocida con el nombre de caliche, y que se presenta en tramos de corta extensión.

Entre las ígneas, consideraremos las plutónicas y las intrusivas, en las que dominan la diorita, la rhyolita y la andesita; pero teniendo representadas principalmente como se verá después, las familias del granito, de la syenita, de la diorita, del gabbro y de la peridotita.

Entre las metamórficas, mencionaremos en primer término por ser las más abundantes, el gneiss y los esquistos cristalinos y en segundo, por su menor extensión, a la caliza cristalina.

Depósitos mecánicos de materiales sueltos.—Se acumulan de preferencia en las partes bajas, y se les observa en su mayor amplitud, en las hondonadas y en las cajas de los arroyos; siendo productos de la alteración y desintegración de las rocas circundantes, su constitución participa de la naturaleza de las que los originan, y así cuando sólo se encuentra una clase de roca, dichos productos serán de esta misma clase más o menos alterada; cuando las rocas son varias, los depósitos mecánicos a medida que se separan del sitio de la roca madre, tenderán a mezclarse y darán por resultado un conjunto de material mixto.

En nuestra región, forman en su mayor parte, acumulaciones de material heterogéneo, encontrándose menos modificados los fragmentos de aquellas rocas que por su naturaleza y exposición, están menos alteradas por los efectos de la dinámica externa; como las rocas más abundantes y que se encuentran en el caso indicado, son las correspondientes a las familias de los granitos y las dioritas, es claro que el material detrítico menos alterado, más abundante y que se distingue mejor, es el que proviene de estas rocas.

Las redes hidrográficas que describimos, pero particularmente los colectores principales como los arroyos del Triunfo, San Antonio, El Tecuán y Palo Verde, muestran los depósitos de mayor interés por su espesor; notándose, como es el caso más frecuente, los fragmentos más grandes en los principios de su desarrollo, y disminuyendo de tamaño, hasta alcanzar el de arenas finas, a medida que se alejan del lugar de origen.

Depósitos mecánicos con cierto grado de consolidación y de estratificación.—En la margen izquierda del arroyo de San Antonio, precisamente en el lugar conocido con el nombre del Cantil, a la altura de 367 metros sobre el nivel del mar, se muestra un importante depósito con los caracteres que hemos expuesto.

Fué acumulado sobre las rocas ígneas y metamórficas, que constituyen la casi totalidad de la región, indicando que en un tiempo esta parte estuvo sumergida bajo las aguas, y que los sedimentos se establecieron periódicamente, pues la estratificación bien se distingue; en la actualidad, es de pequeña extensión relativamente, y el corte del arroyo ha determinado en su masa un muro casi vertical, como de unos 70 metros de altura, donde se ve manifiesta la estratificación que tiende a la horizontal.

Depósitos mecánicos bajo forma de brechas.—Poco adelante del cantil, arroyo abajo de San Antonio, en tramos próximos al cauce, se descubre este depósito bajo la forma de una capa de regular extensión, pues aun cuando no se ve de una manera continua, es muy probable que antes sí afectó esa continuidad, habiéndola perdido a consecuencia del trabajo mecánico del arroyo y por la denudación.

El lugar en donde se presenta mejor es en la margen izquierda, frente al cerrito de Atezcalama, a la altura de 329 metros sobre el nivel del mar; es una brecha bastante consistente, compuesta de fragmentos angulosos de las rocas dominantes en la formación, es decir, de feldespato, cuarzo, diorita, gneiss y esquistos, unidos por un cemento en que predominan los carbonatos; de modo que pudiéramos decir que esta roca es como una síntesis de las que existen en el conjunto de la formación.

Como los materiales que la integran son de distinta dureza, y entre éstos se ven algunos que por su constitución no sufren acarreos por largo trayecto sin destruirse, es claro que el material no ha sido movido por largas distancias, sino más bien desprendido de las elevaciones y precipitado a las aguas que entonces invadían aquellos lugares; ésto también se deduce por la forma de los fragmentos de las demás rocas, pues todos son angulosos, mostrando muy poco desgaste en las aristas.

Estos depósitos unidos a los anteriores, que acabamos de describir en el cantil, son pruebas concluyentes de la invasión de las aguas hasta esos lugares, cuyas alturas son de 367 y 329 metros sobre el nivel del mar. Por su forma, pues no se les nota gran perturbación en sus depósitos, refuerzan lo que se indicó al observar los efectos del arroyo del Triunfo, en el corte entre las elevaciones de La Cruz y Quiensabe; el diastrofismo en esta parte de la península, traducido por movimientos lentos de elevación.

Precipitados químicos.—En la parte baja de las faldas de los cerros La Noria y Pizoneña, por donde cruza el camino al portezuelo de este último nombre, y en algunas porciones de los flancos de la sierrita en la cuenca del Triunfo, y en las proximidades del terreno donde se encuentra la hacienda de beneficio de la negociación de Columbinas, en la cuenca de San Antonio, se presentan depósitos superficiales de corta extensión, de la toba caliza impura, vulgarmente llamada caliche; estas costras no son de gran espesor, pero sí ponen de manifiesto, de la misma manera que el cemento

de las brechas de que nos ocupamos, la actividad de las soluciones carbonatadas.

Antes de reseñar en lo posible nuestros datos sobre las rocas ígneas y metamórficas, indicaremos la clasificación al microscopio, que de las muestras obtenidas, hicieron los señores Petrógrafo Alberto Johannsen, ingeniero Rafael Orozco y Rodolfo Martínez Quintero.

MUESTRAS ESTUDIADAS POR EL SR. PETROGRAFO ALBERTO JOHANNSEN

CUENCA DEL TRIUNFO

Cerro de la Choya

Diorita cuarcífera

MAC.—Estructura granular fina, aspecto pardusco, mostrando cristales de biotita, cuarzo y feldespato.

MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.

CONS. PRIN.—Andesina > cuarzo > biotita > ortoclasa > muscovita.

ACCES.—Zircón, apatita, pirita y magnetita.

SEC.—Clorita.

No hay bastante ortoclasa en esta lámina para llamarla granodiorita, puede ser muy bien parte de una masa de granodiorita (si otras rocas demuestran ser granodioritas).

Cerro 96 Flanco Este

Pudiera ser una traquita alterada

MAC.—Estructura granular muy fina, un color pardo verdoso; con lente de mano no pueden distinguirse ningunos minerales.

MIC. TEXT.—Altamente porfirítica, subofítica.

CONS. FEN.—Oligoclasa y albita.

MASA.—Barritas alteradas de feldespato, sea oligoclasa albita u ortoclasa muy alterada. Un mineral ferro-magnesiano alterado (ahora clorita), llena los intersticios.

ACCES.—Magnetita titanífera.

SEC.—Zoisita, clorita, calcita, mica blanca, leucoxena.

Cerro al Sur del Portezuelo del tiro 96

Pórfido de andesita

MAC.—Roca gris, verdoso sucio, medio obscura, mostrando fenocristales amarillos en una masa densa. Cuarzo, feldespato y un mineral obscuro se reconocen.

MIC. TEXT.—Porfirítica, masa muy alterada.

CONS. FEN.—Oligoclasa, hornblenda alterada (también cuarzo en el ejemplar).

MASA.—Oligoclasa y productos de alteración de un mineral obscuro, probablemente hornblenda.

ACCES.—Apatita, magnetita titanífera y biotita.

SEC.—Clorita, leucoxena, óxido amarillo de fierro, mica blanca y zoisita.

Cerro de La Fortuna

Gabbro de hornblenda

MAC.—Roca ligeramente clara con bastoncillos de hornblenda en una masa granular de feldespatos.

MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.

CONS. PRIN.—Labradorita (∢ 33°) > hornblenda verde (la cual puede ser secundaria después de la piroxena).

ACCES.—Pirita, magnetita.

SEC.—Epidota, leucoxena, mica blanca, clorita y óxido amarillo de fierro.

OBS.— Llamada gabbro de hornblenda, pero yo creo que la hornblenda es secundaria, por consiguiente, probablemente, es un gabbro ordinario con hornblenda uralitizada.

Cerro Picachudo

Granodiorita

MAC.—Roca de grano mediano, de color pardo, con cristales de hornblenda, cuarzo y feldespato, que se observan a la simple vista.

MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.

CONS. PRIN.—Andesina > cuarzo, > ortoclasa, > hornblenda verde, biotita verde, encontrándose algo de micropegmatita.

ACCES.—Apatita, magnetita, titanita y zircón.

SEC.—Epidota, clorita, algo de sericita, kaolín y óxido amarillo de fierro. La roca ha sido cortada recientemente.

Cerro de La Parrita

Hornblendita

MAC.—Una roca negro verdosa, de grano grueso, casi toda hornblenda.

MIC. TEXT.—Estructura hipáutomórfica granular.

CONS. PRIN.—La roca está formada en un 95% de hornblenda, verde pálido, con algo de plagioclasa básica y alterada.

ACCES.—Muy poca magnetita.

SEC.—Titanita y mica blanca.

Cerro del Cementerio

Roca de cuarzo muscovita

MAC.—Una roca de grano fino, de color pardo amarillento, en la cual se pueden distinguir el cuarzo y la mica blanca.

MIC. TEXT.—Granular.

CONS.—Cuarzo > mica blanca.

ACCES.—Pequeñas cantidades de un mineral verdoso en hilos entremezclados, que puede ser hornblenda.

SEC.—Poca magnetita, epidota (?).

Si es sedimentaria puede llamársele una cuarcita micácea, pero si es de un dique ígneo se asemeja a la esmeraldita de Spurr. Probable sedimento.

Cerro de La Noria

Diabasa

MAC.—Roca de color ligeramente obscuro, de grano más bien fino, en la cual se distinguen el feldespato y un mineral obscuro.

MIC. TEXT.—Porfirítica, inclinándose a una masa subintersertal. No hay una diferencia clara entre los grandes y los pequeños cristales.

CONS. FEN.—Labradorita (ex. ∢ 33°) > augita > hornblenda, >> cuarzo.

ACCES.—Magnetita.

SEC.—Zoisita, clorita, algo de hornblenda.

OBS.—Diabasa típica.

CUENCA DE SAN ANTONIO

Mina Margarita

Gabbro de hornblenda

MAC.—Roca de grano grueso moderado, medio obscura, manchada de negro y blanco con feldespato y hornblenda.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN.—Labradorita ($\sphericalangle$ 34°) > hornblenda verde.
ACCES.—Magnetita, apatita.
SEC.—Pirita, epidota, mica blanca y hematita.

Cima del cerro del Crestón

Granofiro o pórfido de granito no típico

MAC.—Roca granuda moderadamente clara, mostrando cristales de feldespato y de un mineral obscuro.
MIC. TEXT.—Porfirítica alterada. Masa granofírica.
CONS. FEN.—Andesina, clorita secundaria que provienen de biotta (?) u hornblenda (?) y ortoclasa.
MASA.—Ortoclasa y cuarzo.
ACCES.—Magnetita.
SEC.—Clorita, sericita, epidota, zoisita, calcita, kaolín y leucoxena.
OBS.—No es un pórfido de granito típico, tiende a un microgranito. Casi un granofiro.

REGION DE PALO VERDE

Cerro de Los Panaderos

Granofiro típico

MAC.—Roca de grano fino con algunos cristales grandes. De color más bien claro. Se reconoce el feldespato y un mineral verde.
MIC. TEXT.—Porfirítica. Masa, micropegmatítica típica.
CONS. FEN.—Feldespato muy alterado, probablemente ortoclasa.
MASA.—Micrográfica mezclada de cuarzo y ortoclasa.
ACCES.—Magnetita.
SEC.—Clorita, kaolín, sericita, epidota, zoisita, óxido amarillo de fierro, hematita y calcita.

Arroyo del Encino

Monzonita cuarcífera

MAC.—Roca de color claro y de grano grueso, con puntos blancos, amarillentos y negros. Cristales de feldespato, biotita y cuarzo, visibles sin ayuda de instrumento.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN.—Microclina-microperthita > oligoclasa > ortoclasa (alguna es microperthita) > biotita y ≤ cuarzo.
ACCES.—Hornblenda, magnetita y apatita.
SEC.—Sericita, clorita, kaolín, lecouxena y zoisita.

VALLE DE CODIO

Cerro del Encino

Diorita cuarcífera

MAC.—Roca un poco obscura, de grano grueso, con cuarzo, feldespato y biotita, examinada mac. Está bastante colorida por el óxido amarillo de fierro.

MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN.—Andesina, cuarzo, hornblenda y biotita.
ACCES.—Magnetita, zircón y apatita.
SEC.—Pequeñas cantidades de kaolín y mica blanca. Se encuentra a la vez algo de clarita y óxido amarillo de fierro.

Arroyo del Ranchito

Cuarzo diorita.—(Ambos, roca y dique)

MAC.—Roca de grano grueso, medianamente obscura, blanca y negra, con cristales de cuarzo, feldespato, mica y hornblenda, cortada por un dique de grano más fino y de la misma composición. Roca de grano grueso.

Roca de grano grueso:

CONS. PRIN.—Andesina > hornblenda verde, > cuarzo y > biotita.
ACCES.—Magnetita y apatita.
SEC.—Oxido amarillo de fierro, mica blanca y titanita.

Roca de estructura granular fina:

MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN.—Andesina > hornblenda verde > cuarzo y > biotita.
ACCES.—Apatita y magnetita.
SEC.—Mica blanca, titanita, epidota clorita. Ambas rocas, la de grano grueso y la de grano fino, son cuarzo-dioritas.

MUESTRAS ESTUDIADAS POR EL SR. ING. RAFAEL OROZCO

CUENCA DEL TRIUNFO

Cerro de La Joya

Diorita

MAC.—Roca algo obscura, granuda, que manifiesta cristales de feldespato, biotita y hornblenda.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN.—Andesina ($\sphericalangle$ 19°) > hornblenda > biotita.
ACCES.—Magnetita, pirita (?).
SEC.—Clorita, sericita, óxido de fierro, kaolín (?).

Cerro de La Joya

Pórfido rhyolítico

MAC.—Roca de color claro con cristales aparentes de cuarzo y de pirita.
MIC. TEXT.—Porfirítica, masa granular fina.
CONS. FEN.—Cuarzo >> ortoclasa.
ACCES.—Magnetita, pirita, apatita.
SEC.—Clorita, kaolín.

Cerro de La Joya

Pórfido de diabasa

MAC.—Roca de color gris obscuro que muestra cristales de feldespato y hornblenda en una masa afanítica.
MIC. TEXT.—Porfirítica, masa subintersertal.
CONS. FEN.—Labradorita > augita > hornblenda.

MASA.—Labradorita, hornblenda, augita y vidrio.
ACCES.—Magnetita.
SEC.—Clorita, hematita, leucoxena (?).

Arroyo de La Parrita

Diorita de hornblenda Anfibolita (?)

MAC.—Roca obscura, pesada, de grano medio que permite distinguir la amfíbola y el feldespato.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN.—Hornblenda >> plagioclasa.
SEC.—Biotita, sericita (?).
ACCES.—Magnetita, kaolín.
OBS.—No puedo determinar *seguramente* si la plagioclasa es ácida o básica, por estar los cristales muy divididos y cubiertos, inclinándome a creer que pueda ser de andesina, es decir, que pertenezcan a una plagioclasa ácida.

Cerro del Cementerio

Gneiss de biotita

MAC.—Roca en la que se distinguen los elementos principales, no estando éstos muy marcadamente dispuestos, como es peculiar en estas rocas.
MIC. TEX.—Hipautomórfica.
CONS. PRIN.—Biotita, cuarzo, andesina y ortoclasa.
ACCES.—Apatita, Zircón, magnetita.
SEC.—Sericita, óxido de fierro, clorita.

Cerro del Cementerio

Greisen

MAC.—Roca de color blanco rosado, de aspecto brillante sacaroide, de grano fino.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica.
CONS. PRIN.—Cuarzo y mica blanca (muscovita).
ACCES.—Zircónio magnetita.
SEC.—Oxidos de fierro.

Cerro de Quiensabe

Gneiss de biotita

MAC.—El ejemplar tiene el aspecto típico de estas rocas, distinguiéndose sus principales constituyentes.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN.—Cuarzo, biotita, oligoclasa.
ACCES.—Apatita, magnetita, zircón.
SEC.—Oxido amarillo de fierro, clorita, sericita.

Cerro de Quiensabe

Gneiss común

MAC.—En el ejemplar pueden distinguirse claramente los elementos constituyentes de esta clase de rocas, los cuales están dispuestos de tal modo, que manifiestan la textura típica en cintas.
MIC. CONS.—Biotita, cuarzo y oligoclasa ($\measuredangle$ 12°).
ACCES.—Magnetita y Zircón.

Cerro de Quiensabe, Cima

Gneiss de biotita

MAC.—Roca en la que se distinguen sus elementos principales y están dispuestos en la forma típica de estas rocas.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN. Biotita, cuarzo, ortoclasa.
ACCES.—Apatita, magnetita, zircón.
SEC.—Sericita, óxido amarillo de fierro, clorita.

Cima de La Noria

Gneiss

MAC.—En el ejemplar aun cuando es de roca alterada, se distinguen sus elementos principales y su tendencia a colocarse como en esta clase de rocas.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN.—Oligoclasa (?) u ortoclasa (?) cuarzo, biotita.
ACCES.—Magnetita.
SEC.—Sericita, óxido amarillo de fierro, clorita.

Cerro de Cabras

Diorita

MAC.—Masa gris verdosa obscura, con cristales claros de feldespato y un elemento ferromagnesiano.
MIC. TEXT.—Xenomórfica.
CONS. PRIN.—Hornblenda > labrador > andesina.
SEC.—Pirita, magnetita, kaolín, titanita.

CUENCA DE SAN ANTONIO

Camino a San Antonio, cerca del Portezuelo 96

Diorita

MAC.—Roca de color más bien claro, con cristales de feldespato y hornblenda. Algo alterada.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN.—Andesina > hornblenda >> biotita.
ACCES.—Magnetita, apatita.
SEC.—Sericita, clorita, kaolín.

VALLE DEL TECUAN

Pozo en el rancho del Tecuán

Granodiorita

MAC.—Roca de color más bien claro, granuda, con cristales aparentes de cuarzo, feldespato y biotita.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN.—Andesina > cuarzo > biotita > microclina.
ACCES.—Apatita, magnetita, zircón.
SEC.—Sericita, clorita, óxido amarillo de fierro, kaolín.

VALLE DE CODIO

Cerro de La Calera

Mármol.—(Caliza metamórfica)

MAC.—Roca de color claro, cristalina y granuda.
MIC. CONS.—Cristales de calcita de tamaño irregular, agrupados sin orientación y sin dejar huecos entre sí.

VALLE DE CANOVAS

Hondonada del Valle de Canovas

Esquisto micáceo

MAC.—Roca metamórfica, en la que se distingue claramente la mica.
MIC. CONS.—Cuarzo > mica (biotita).
SEC.—Magnetita, apatita.

MUESTRAS ESTUDIADAS POR EL SR. RODOLFO MARTINEZ QUINTERO

CUENCA DEL TRIUNFO

Cima Cerro Alto

Gneiss

MAC.—La roca tiene un color rojizo con manchas negras.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica.
CONS. PRIN.—Micropegmatita > cuarzo > ortoclasa >> andesina.
ACCES.—Zircón.
SEC.—Leucoxena, mica blanca, kaolín.

Cerro 96

Traquita ? Diorita ? alterada

MAC.—Roca verde compacta, parece estar alterada.
MIC. TEXT.—Porfirítica. Masa microlítica.
MASA.—Andesina ? magnetita, augita.
ACCES.—Magnetita.
SEC.—Kaolín, clorita, calcita.

Cima cerro de La Joya

Hornblendita

MAC.—Roca negra, verdosa, con grandes cristales de hornblenda.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica.
CONS. PRIN.—Labradorita ($\sphericalangle$ 32°) > hornblenda sec. > augita $\gtrless$ diallage?
ACCES.—Magnetita.
SEC.—Kaolín, limonita.

La Sierrita

Monzodiorita

MAC.—La roca tiene un color negro con manchas blancas. Presenta cristales de feldespatos.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN.—Oligoclasa, andesina > augita > hornblenda.
ACCES.—Magnetita, zircón, apatita.
SEC.—Magnetita, leucoxena ? limonita.

Cerro de La Fortuna

Gneiss

MAC.—Roca obscura, con manchas blancas, se aprecian cristales de biotita.
MIC. TEXT.—Xenomórfica.
CONS. PRIN.—Oligoclasa > cuarzo ≥ biotita.
ACCES.—Zircón.
SEC.—Kaolín.

Cerro de La Fortuna

Gneiss

MAC.—Roca gris-rojiza, se ve finamente bandeada y con la lente se pueden apreciar cristalitos de biotita.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica, de grano fino.
CONS. PRIN.—Ortoclosa, > cuarzo > oligoclasa, > biotita.
ACCES.—Apatita, muscovita, zircón.
SEC.—Limonita.

Elevación pequeña al SE. del Cerro de La Fortuna

Gneiss

MAC.—La roca tiene una estructura esquistosa y presenta cristales de biotita, sobre una masa finamente granulada.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN.—Oliglocasa ≥ ortoclasa > cuarzo > biotita.
ACCES.—Apatita, zircón.
SEC.—Clorita.

Cima cerro Picachudo

Gneiss

MAC.—La roca tiene un color sucio y se ven cristales de biotita.
MIC. TEXT.—Xenomórfica.
CONS. PRIN.—Ortoclasa > oligoclasa ≥ biotita ≥ cuarzo.
ACCES.—Zircón.
SEC.—Limonita, kaolín.

Cerro de La Prosperidad

Diorita esquistosa

MAC.—Roca obscura, de grano fino, con pequeñas manchas blancas.
MIC. TEXT.—Granular.
CONS. PRIN.—Hornblenda > andesina >> biotita.
ACCES.—Apatita, zircón.
SEC.—Leucoxena, hematita, mica blanca.

Cerro de La Prosperidad

Diorita

MAC.—Roca negra con manchas blancas, muestra cristales de hornblenda y de feldespatos.
MIC. TEXT.—Granular.
CONS. PRIN.—Andesina > hornblenda > oligoclasa > biotita.
ACCES.—Magnetita, apatita.
SEC.—Limonita.

Cerro de Las Delicias

Diorita cuarcífera con hornblenda

MAC.—Tiene color negro y es finamente granulada.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN.—Andesina > hornblenda > cuarzo > oligoclasa
ACCES.—Magnetita, zircón, apatita.
SEC.—Titanita.

Cerro de La Choya

Hornblendita

MAC.—Roca negra con lustre submetálico.
MIC. TEXT.—Granular.
CONS. PRIN.—Hornblenda verde sec. > labradorita (∢ 31°).
SEC.—Leucoxena, hematita.

Cerro del Hornito

Hornblendita

MAC.—La roca tiene un color verde azulado, muestra cristales de hornblenda y feldespatos.
MIC. TEXT.—Granular.
CONS. PRIN.—Labradorita (∢ 33°) ≷ hornblenda sec.
ACCES.—Magnetita.
SEC.—Mica blanca, hematita, kaolín, limonita, calcita, clorita.

Cima cerro de La Mendozeña

Granodiorita

MAC.—Roca blanca verdosa, alterada, muestra calcita, clorita y feldespatos.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica.
CONS. PRIN.—Ortoclasa > cuarzo > oligoclasa ≷ clorita (de las micas) >> biotita.
ACCES.—Zircón, magnetita.
SEC.—Kaolín, mica blanca, clorita, leucoxena, calcita, limonita.

Cerro de La Mendozeña

Diorita cuarcífera

MAC.—La roca tiene un color negro y se ve surcada en todas direcciones por venas blancas.
MIC. TEXT.—Xenomórfica granular.
CONS. PRIN.—Andesina ≷ hornblenda verde > cuarzo > oligoclasa
ACCES.—Apatita, magnetita.
SEC.—Calcita, limonita.

Cerro de La Mendozeña

Esquisto diorítico ? muy alterado

MAC.—La roca se ve muy alterada y presenta en su superficie unas pegaduras de calcita, junto con manchas de limonita.
MIC. TEXT.—Porfirítica.
CONS. PRIN.—Oligoclasa.
MASA.—Magnetita, oligoclasa, muscovita.
SEC.—Limonita, clorita, calcita, leucoxena.

Cerro del Triunfito

Pórfido diorítico

MAC.—La muestra que acompaña la roca tiene un color negro con manchas blancas; se ven cristales de hornblenda y biotita.
MIC. TEXT.—Porfirítica.
CONS. PRIN.—Hornblenda > oligoclasa > andesina > biotita.
ACCES.—Topacio ?
SEC.—Kaolín.

Cerro de Huatamotito

Diorita

MAC.—Roca obscura manchada de blanco.
MIC. TEXT.—Granular.
CONS. PRIN.—Hornblenda > andesina.
ACCES.—Apatita.
SEC.—Leucoxena, mica blanca.

Cerro del Cementerio

Granito

MAC.—El color de la roca es blanco y tiene manchas negras, muestra cristales de feldespatos, cuarzo, hornblenda y biotita.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN.—Oligoclasa > ortoclasa ? > cuarzo ≷ biotita y > hornblenda.
ACCES.—Apatita, zircón, corundo, magnetita.
SEC.—Leucoxena, manchas de óxidos de fierro.

Cerro del Cementerio

Granitito

MAC.—Roca amarillenta de grano fino, con la lente se ven cristales de biotita.
MIC. TEXT.—Granular.
CONS. PRIN.—Oligoclasa > cuarzo > biotita > muscovita.
ACCES.—Apatita, zircón.
SEC.—Oxidos amarillos de fierro, kaolín.

Cerro de La Cruz

Granito

MAC.—La roca tiene un color amarillento rojizo y gris sucio; presenta cristales de biotita y feldespatos.

MIC. TEXT.—Hipautomórfica.
CONS. PRIN.—Oligoclasa > cuarzo > ortoclasa > biotita > muscovita.
ACCES.—Apatita.
SEC.—Kaolín, mica blanca.

Cerro de La Cruz

Granito

MAC.—La roca presenta un color rojizo con cristales de biotita, mica blanca, feldespatos.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN.—Oligoclasa > ortoclasa ≥ cuarzo >> muscovita.
ACCES.—Zircón, apatita.
SEC.—Kaolín, leucoxena.

Flancos del cerro La Cruz, camino a La Paz

Gneiss

MAC.—Color gris, con bandas de biotita y nódulos de concentración del mismo mineral.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN.—Ortoclasa > cuarzo > oligoclasa ≥ biotita > muscovita.
ACCES.—Zircón, apatita.
SEC.—Leucoxena, kaolín.

Parte intermedia del cerro de La Cruz

Gneiss

MAC.—La roca tiene un aspecto gneísico, está manchada de negro y blanco, presenta algunos cristales de cuarzo y biotita.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.
CONS. PRIN.—Cuarzo > oligoclasa > biotita >> andesina > granate > muscovita.
ACCES.—Apatita, zircón, magnetita.
SEC.—Magnetita, kaolín.

Flancos cerro La Noria

Gneiss básico ?

MAC.—Roca blanca sucia de grandes cristales. Muestra cristales de feldespatos y biotita.
MIC. TEXT.—Granular.
CONS. PRIN.—Oligoclasa > andesina > cuarzo ≥ biotita.
ACCES.—Apatita, zircón.
SEC.—Kaolín, hematita.
Esta roca la clasifico así, primero, por su esquistosidad, y segundo, por la cercanía de los demás gneiss de este mismo cerro.

CUENCA DE SAN ANTONIO

Camino del Triunfo a San Antonio

Gabbro de hornblenda

MAC.—La roca tiene un color negro con algunas manchas blancas; muestra cristales de biotita, plagioclasa y hornblenda.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica.

CONS. PRIN.—Labradorita $\gtrless$ hornblenda verde > biotita.
ACCES.—Apatita, magnetita.
SEC.—Hematita.

Esta roca la clasifico como gabbro, tanto por la presencia del labrador, como porque la hornblenda parece ser secundaria, es decir, que antes probablemente fué alguna piroxena monoclínica; pero en la actualidad se ha transformado totalmente en hornblenda verde.

Arroyo del Salto

Pórfido andesítico

MAC.—La muestra se ve muy alterada, tiene un color verde y presenta cristales de feldespatos en una masa muy fina.
MIC. TEXT.—Porfirítica.
CONS. FEN.—Andesina >| oligoclasa > ortoclasa? > hornblenda.
ACCES.—Apatita, magnetita.
MASA.—Andesina, oligoclasa, hornblenda.
SEC.—Clorita (de la hornblenda), kaolín, mica blanca, titanita, calcita, leucoxena.

Cima Atezcalaxa

Gabbro de hornblenda

MAC.—Roca color obscuro con manchas blancas, muestra cristales de hornblenda sobre una masa granular.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica.
CONS. PRIN.—Labradorita ($\measuredangle$ 31°) > hornblenda sec.
ACCES.—Magnetita.
SEC.—Calcita, kaolín, mica blanca, limonita.

Cerro Sol de Mayo

Granito con hornblenda

MAC.—La roca está manchada de negro y presenta cristales de hornblenda y feldespatos.
MIC. TEXT.—Xenomórfica.
CONS. PRIN.—Oligoclasa > cuarzo > hornblenda verde > ortoclasa > biotita.
ACCES.—Apatita, magnetita.
SEC.—Kaolín, mica blanca.

Cerro de La Campana

Pórfido rhyolítico

MAC.—Roca amarilla rojiza compacta, muestra grandes cristales de cuarzo.
MIC. TEXT.—Porfirítica de grano fino.
CONS. PRIN.—Ortoclasa > cuarzo > oligoclasa.
MASA.—Ortoclasa, cuarzo, vidrio.
SEC.—Kaolín, óxido de fierro, mica blanca, calcita.

Cerro de La Campana

Gneiss

MAC.—Roca gris, sucia, muestra planos de esquistosidad.
MIC. TEXT.—Xenemórfica.

CONS. PRIN.—Oligoclasa-albita > cuarzo > biotita.
ACCES.—Apatita, zircón.
SEC.—Kaolín.

Cerro de La Campana

Pórfido diabásico

MAC.—Roca verde gris, compacta, muestra cristales de feldespatos y parece estar alterada.
MIC. TEXT.—Porfirítica.
CONS. FEN.—Labradorita (∢ 32°) > augita.
MASA.—Labradorita, augita, cuarzo, pirita, ilmenita?
SEC.—Kaolín, clorita, calcita, leucoxena, serpentina.

REGION DE PALO VERDE

Cerro de Panaderos

Esquisto micáceo

MAC.—La roca tiene una apariencia esquistosa. Se pueden observar cristales de biotita y muscovita, así como de cuarzo y pirita.
MIC. TEXT.—Xenomórfica.
CONS. PRIN.—Cuarzo >> biotita ≷ muscovita, > oligoclasa.
ACCES.—Apatita, turmalina, zircón.
SEC.—Magnetita, limonita.

Arroyo del Salto

Pegmatita

MAC.—La roca tiene un color blanco grisáceo con algunas manchas cafés, muestra cristales de hornblenda y cuarzo.
MIC. TEXT.—Cataclástica.
CONS. PRIN.—Oligoclasa-albita > cuarzo, > microlina.
ACCES.—Hornblenda verde, muscovita.
SEC.—Kaolín, sericita, óxidos de fierro.

REGION DEL VALLE DEL ORO

Cerro del Parralito

Diorita labradorítica

MAC.—Casi negra, maciza, muestra cristalitos de hornblenda.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica.
CONS. PRIN.—Andesina > hornblenda verde, > labradorita. (∢ 32°).
ACCES.—Magnetita, apatita.
SEC.—Limonita, hematita, mica blanca, leucoxena.

Cerro del Parralito

Diorita cuarcífera

MAC.—La roca tiene un color gris claro, tiene manchas amarillas y negras y muestra algunos cristales de cuarzo y feldespato.
MIC. TEXT.—Hipautomórfica granular.

CONS. PRIN.—Andesina $\geq$ oligoclasa $>$ clorita (probablemente de la augita u hornblenda) $>$ cuarzo.

ACCES.—Magnetita, rutilo.

SEC.—Clorita, calcita, leucoxena, limonita, kaolín.

REGION DEL VALLE DE CANOVAS

Cerro de San Rafael

Pórfido granítico

MAC.—La roca tiene un color gris sucio, muestra algunos cristales de cuarzo, biotita y feldespatos en un magma finamente granulado.

MIC. TEXT.—Hipautomórfica, finamente granulada.

CONS. PRIN.—Ortoclasa, $>$ oligoclasa $\geq$ cuarzo $>$ biotita.

ACCES.—Apatita.

SEC.—Magnetita, clorita, kaolín.

Las clasificaciones que se acaban de anotar, dan cuenta de las variedades de rocas que existen en la comarca recorrida, pero a fin de simplificar la exposición que sigue, no nos ocuparemos de los diversos tipos, muchos de ellos de transición, sino solamente de los principales y que se encuentran incluídos en las familias que ya se indicaron.

Granitos.—Siendo la región la prolongación hacia el NW. de la sierra del Cabo, es de suponerse que las grandes masas graníticas que allí se encuentran, y de que tratamos al ocuparnos de los itinerarios desarrollados entre La Paz, Todos Santos y El Gaspareño, continúen presentándose hasta estos lugares; y así es en efecto, habiendo sido puestas al descubierto por la denudación en varias partes, pero de preferencia en los límites S. y W. de la cuenca del Triunfo, y en algunas porciones del límite E. de la cuenca de San Antonio.

Los sitios más a propósito para observarse, por el estado de conservación en que se encuentran, son los cerros del Cementerio, La Cruz, Zuchi y El Sol de Mayo, en las cuencas de El Triunfo y San Antonio; y fuera de ellas, ya en el Vallecito de Cánovas, en el cerro de San Rafael notable por los criaderos auríferos que contiene

Sus afloramientos no son muy extensos, porque la región ha sufrido un intenso metamorfismo, y se encuentran cubiertos por las rocas metamórficas que son las predominantes en la localidad.

Los granitos son de diferentes aspectos, según es el tamaño, ordenación y proporción de los elementos que los componen, así como según han sido modificados por los efectos del dinamometamorfismo, teniendo las variedades del granito propiamente dicho, del granitito, del granito porfídico y del granito gnéissico; sus colores varían entre el gris claro y gris obscuro, manifestándose algunas veces tintes amarillentos y rosados.

De acuerdo con lo que antes indicamos, forma macizos que parecen ocupar la porción central de las elevaciones montañosas donde aflora, constituyendo algo así como núcleos envueltos por las rocas metamórficas, y en parte puestos al descubierto por los fenómenos de la erosión.

Siguiendo el cauce del arroyo de El Triunfo, en varios tramos se observan las rocas graníticas divididas en bloques, más o menos regulares, por zonas de juntas, apareciendo en bancos en lo general desiguales y cuya textura, en sus caracteres macroscópicos varía. Antes de salir del Triunfo se manifiesta lo siguiente de abajo a arriba: un material que contiene muy poca mica y parece fuertemente silizoso; sigue otro de textura aproximándose a la granítica, también al parecer silizoso y donde la mica ya es perceptible, su color es gris claro; después otro de textura casi granítica y de color gris obscuro; y finalmente un material gnéissico, de bastante mica, de color amarillo obscuro y que con facilidad se disgrega convirtiéndose en arena.

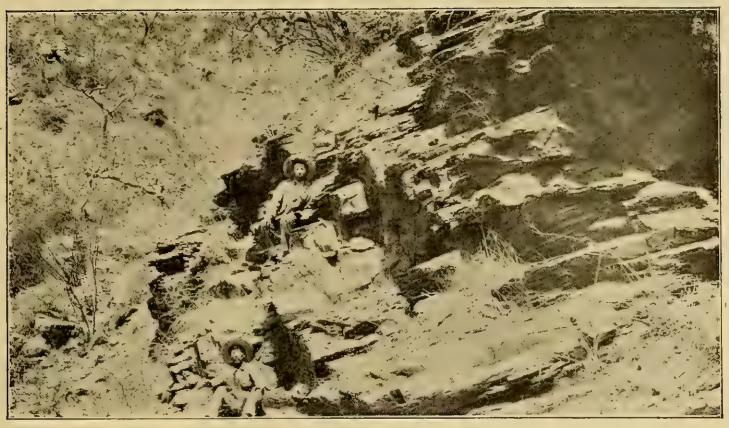
Las juntas que dividen en bloques a las rocas graníticas, se ven orientadas de manera diferente, estando unas veces según los rumbos N. 55° E. y

Fot. 13.—Depósitos sedimentarios en el Cantil. Arroyo de San Antonio. San Antonio, Baja California.

Fot. 14.—Dique de Granofiro en el cerro del Crestón. San Antonio, Baja California.

Fot. 15.—Dique de granofiro, en el cerro del Panadero. Palo Verde, Baja California.

Fot. 16.—Pegmatita en el arroyo del Salto. Palo Verde, Baja California.



Fot. 17.—Pegmatitas entre los esquistos del cerro de Bebelamas.
San Antonio, Baja California.

Fot. 18.—Vetas intrusivas de aplita en las dioritas del arroyo del Triunfo.
El Triunfo, Baja California.

N. 65° W., y otros según N. 80° E. y N. 15° W., definiendo según esto bloques de formas desiguales, pues en un caso se encuentran casi en ángulo recto, y en el otro no.

Granófiros.—Rompiendo a través de la formación en la que se distinguen las dioritas, gneiss, esquistos cristalinos, se yerguen algunos diques que se destacan por su color blanco agrisado del resto del terreno, en los cerros del Crestón en la Cuenca de San Antonio, y en el del Panadero por la región de Palo Verde.

El granófiro del cerro del Crestón es un dique de granito porfídico, no típico, que se alza sobre la superficie a alturas variables, pero que en la cima del cerro mencionado pasa de 3 metros; es bastante potente y muy notable, por su gran desarrollo, pues se le ve por largas distancias surcar la formación, tanto hacia los flancos occidentales como orientales de la sierrita de San Antonio, con un rumbo aproximado de N. 28° W.

En el cerro del Panadero también se observa esta roca, pero un poco diferente de la anterior, pues es un grafiro típico, y no constituye diques tan esbeltos y desarrollados; en estos lugares parece ser que a consecuencia de movimientos posteriores, han sufrido fracturas y cortos desalojamientos, que hace que se distingan como si estuvieran escalonados; su rumbo medio es de N. 75° E., aproximadamente, pero hay que tomar este dato con reserva, porque no fué posible obtenerlo de una manera satisfactoria, a consecuencia de las razones expuestas; por lo demás son muy interesantes y alegran al viajero con la proyección de sus albos y abruptos peñascos, haciendo más variado el paisaje.

Estos diques así como las rocas de la familia del granito, de que pronto se tratará, nos servirán para fundar una opinión sobre las formaciones graníticas en general.

Pegmatitas.—Diseminadas indistintamente, pero de preferencia entre los gneisses y esquistos cristalinos, se presentan afloramientos pegmatíticos bajo la forma de intrusiones por lo regular de cortas dimensiones tanto en su longitud como en su potencia, y demostrando a veces tal falta de uniformidad, a consecuencia de los movimientos a que ha estado sujeta la formación, que pierden su carácter de cintas o bandas, y se manifiestan como lentes irregulares más o menos alargadas.

Estos afloramientos lenticulares se observan muy bien entre los esquistos cristalinos del arroyo del Salto, en la región de Palo Verde, entre la poderosa acumulación de los esquistos del cerro de Bebelamas, en la cuenca de San Antonio; y entre los gneisses que cubren a las rocas graníticas de los cerros de la Cruz y Quiénsabe, en la cuenca del Triunfo.

La roca suministra bellos ejemplares en los que se destacan perfectamente todos los elementos del granito, pero con especialidad las láminas plateadas de mica muscovita; en los últimos lugares que mencionamos, son notables los afloramientos lenticulares de granito gigante que allí se encuentran, porque a los minerales de colores claros suelen asociarse otros de metamorfismo, como la turmalina negra y pequeños granates que por su color resaltan en la masa.

Aplitas y granulitas.—Vetas intrusivas de rocas parecidas a la aplita y a la granulita, se manifiestan en los diversos mteriales que componen geológicamente el terreno que consideramos; son de corto desarrollo en su longitud, y su potencia rara vez pasa de 0m.15.

Estas inyecciones del magma granítico aún líquido, en ciertas hendeduras de los macizos donde se descubren, son muy notables en las dioritas esquistos, pues el color blanco o rojo-rosado de aquéllas contrasta con los colores negro verdoso de las últimas.

Es muy interesante la observación de estas vetas intrusivas, pues con el examen de ellas, se aumentan los datos relativos a la evidencia de los poderosos esfuerzos mecánicos que hicieron sentir su acción sobre la estructura general del terreno; en efecto, casi todas ellas se ven más o menos fracturadas y dislocadas, con pequeños desalojamientos, aun cuando en algunos lugares como en el rebaje del camino que va del Portezuelo 96 al Tiro del Vaso, en la cuenca de San Antonio, los fenómenos producidos por las fuertes presiones

al levantarse la sierra, son muy notables, habiendo quebrado las vetas intrusivas de una manera en cierto modo complicada y caprichosa, pues la dirección más o menos recta que tuvieron, se cambió en una línea quebrada de ángulos diferentes, en la que llama la atención un levantamiento intermedio, marcado por un ángulo agudo con su vértice hacia arriba y que hace suponer que los esfuerzos se hicieron en dos direcciones contrarias.

Rhyolitas.—Rompiendo el conjunto complexo, pero de preferencia entre las dioritas y esquistos cristalinos, se presenta esta roca en distintos lugares bajo la forma de diques de desarrollo muy desigual, pero con tendencias a seguir una misma orientación, pues exceptuando uno que observé en el cerro de La Choya, los demás difieren poco en sus rumbos respectivos.

Los accidentes donde mejor se manifiestan, son las elevaciones entre el Portezuelo del tiro 96 y La Joya, cerros de La Joya, Los Crestones Amarillos, La Choya y proximidades del portezuelo de los San Juanes, en la cuenca del Triunfo; flancos E. de la Sierrita; arroyo del Saltito, cerros de La Campana y de los San Juanes, en la de San Antonio.

Los diques, con excepción de uno que aflora en el cerro de La Choya, parecen orientarse siguiendo una línea de dirección que se aproxima más bien a la NW., como se verá por los siguientes rumbos obtenidos en varios crestones: en las elevaciones entre el cerro de La Joya y Portezuelo 96. N. 80° E.; cerro de La Joya, N. 70° E.; en el cerro de los Crestones Amarillos, el dique de rhyolita sufre flexiones, teniendo en consecuencia algunas variaciones, pero siendo la más general N. 85° E.; cerro de La Choya, N. 80° E.; en las proximidades del portezuelo de los San Juanes, N. 75° E.; arroyo del Saltito en la cuenca de San Antonio, N. 75° E.; y cerro de La Campana, N. 85° E.; notándose que estos rumbos oscilan entre 75° y 85° NE., que son más bien cercanos a la línea NW.

En el cerro de La Choya existe otro dique de una rhyolita gris azulada y de aspecto enteramente distinto al de las rhyolitas amarillas y amarillo-rojizas cuyos datos acabamos de escribir; en efecto, además de la diferencia en el color, se observa una textura francamente porfiroide distinguiéndose macroscópicamente cristales de feldespato, cuarzo y elementos ferromagnesianos negros, en un magma vítreo y fluidal; el rumbo de este dique es de N. 300° E., que se separa bastante de los anteriores.

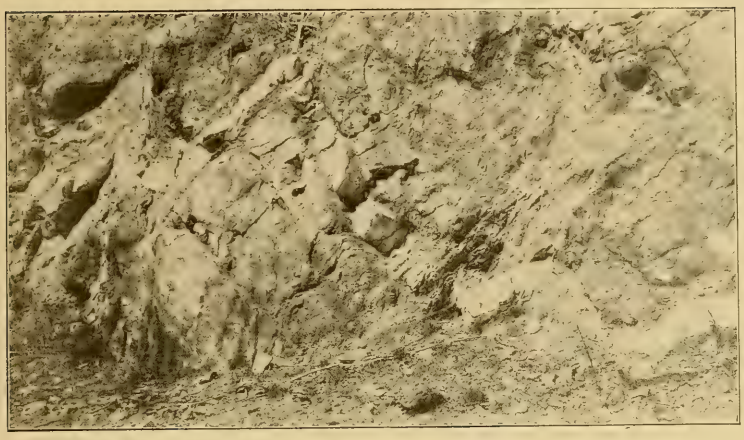
Es muy probable que el aspecto de esta última roca se deba a que a consecuencia de su textura más compacta, el intemperismo no ha obrado profundamente sobre ella, no habiendo producido la oxidación de los elementos ferruginosos sino muy superficialmente, determinando una delgada película oxidada que se ve en la superficie de los bloques en que se ha resuelto el dique.

En el cerro del Hornito existe otro afloramiento rhyolítico que parece dirigirse hacia el que pasa por el cerro de La Joya, pues su rumbo es de N. 40° W.; está muy alterado y es de color amarillo rojizo; es de creerse que siguió una fractura secundaria, dependiente de la principal que pasa por los cerros de La Joya, Crestones Amarillos y Choya.

El color del material de las rhyolitas, con execpción del dique gris azulado en el cerro de La Choya, es amarillo de distintos tonos, pues va desde el amarillo claro en el cerro de La Campana, hasta el amarillo obscuro en el cerro del Hornito, graduándose estos matices que dependen del distinto estado de alteración en que se encuentran.

La parte donde se yerguen los diques más potentes e importantes, es la zona preferentemente diorítica delineada por las alturas de La Choya, los Crestones Amarillos, La Joya y el cerro de los San Juanes, en la que parece constitur un dique potente y majestuoso, cuyo desarrollo sufre desalojamientos e interrupciones, por la barranca principal del arroyo de San Antonio y las secundarias de la cuenca del Triunfo; asunto éste que quedará mejor definido cuando se termine el levantamiento topográfico de estos diques.

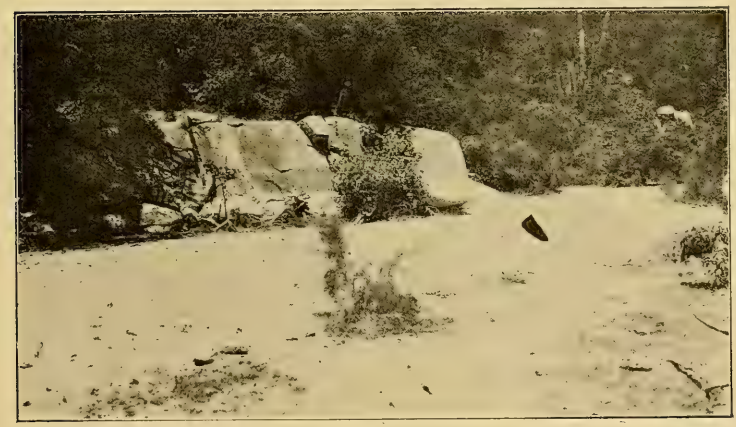
El enfriamiento y consecuente contracción de la masa de los diques produjo juntas de tensión que indujeron una estructura en bloques de formas semejantes, encontrándose así constituídos por una serie de bloques de-



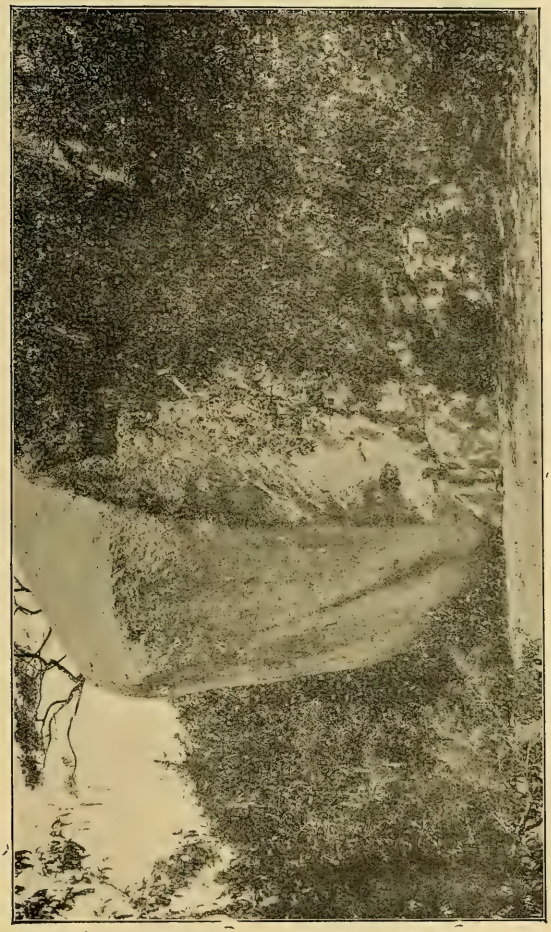
Fot. 19.—Vetas intrusivas de aplita fracturadas y dislocadas, entre él portezuelo 96 y el tiro del Vaso. San Antonio, Baja California.

Fot. 20.—Dique de rhyolita en el cerro de la Choya. El Triunfo, Baja California.

Fot. 21.—Macizos de cuarzo-monzonita desagregándose en el arroyo del Encino Palo Verde, Baja California.



Fot. 22.—Banco de cuarzo-monzonita en el arroyo del Encino Palo Verde, Baja California.



Fot. 23.—Block de cuarzo-monzonita. en el arroyo del Encino. Palo Verde, Baja California.

Fot. 24.—Dique de diorita en cuarzo-monzonita. Arroyo del Encino, Palo Verde, Baja California.

terminados por dos sistemas de juntas, definidos por los rumbos N. 65° E. y N. 60° W., que se observan en el cerro de Los Crestones Amarillos.

Un fenómeno importante se presenta en el cerro de La Joya, consiste en un cruzamiento entre dos diques: uno de rhyolita y otro de diabasa; el de rhyolita es el que ya describimos y el de dolerita pronto nos ocuparemos de él.

En este cruzamiento el dique de diabasa fué cortado por el de rhyolita, habiéndose alterado notablemente ambas rocas, pero especialmente la rhyolita que toma en ese lugar y sus cercanías un aspecto más porfiroide, mostrando profusamente cristales de feldespato alterado y algunos de cuarzo, así como elementos ferromagnesianos, en un magma de color gris claro, en que se convirtió el amarillo obscuro propio del dique rhyolítico.

Este cruzamiento nos da un buen dato para juzgar de la edad de las rocas que se cortan, pues es claro que la inyección de rhyolita fué posterior a la de diabasa, ya que esta última fué dividida por la primera.

Cuarzo-Monzonita.—Esta roca que puede considerarse con el profesor Brogger (1), como intermedia entre los granitos y las syenitas, constituye grandes macizos en los cerros del Panadero de la región de Palo Verde.

Ya a medio camino entre El Tecuan y Palo Verde, después de pasado el arroyo que se desarrolla al N. del casco del rancho del Tecuan, las manifestaciones del material de la cuarzo-monzonita son más y más abundantes a medida que se aproxima uno a los cerros del Panadero; este material se presenta al parecer bajo la forma de un depósito de aluviones, que no hubiera sido acarreado demasiado, pues las partículas son angulosas sin mostrar grandes desgastes; pero fijándose con alguna atención se adquiere el conocimiento de que no son aluviones propiamente dichos y acumulados a larga distancia, sino el material de la roca que se ha desagregado in situ y que no ha sido objeto de gran translación; esto se observa claramente en el arroyo de Palo Verde y en el del Encino, que ha cortado los macizos de los cerros del Panadero.

La estructura de estos macizos parece estar definida por bancos de desigual resistencia, pues es muy común observar unos bastante bien conservados, entre otros que se están desmoronando a consecuencia de la desagregación de sus elementos; hecho que podemos explicarnos porque las rocas en todo el macizo no son exactamente iguales, teniendo diferencias en su constitución íntima, y porque los esfuerzos mecánicos a que han estado sometidas y que produjeron el intenso metamorfismo de toda la región, no se dejaron sentir por igual en toda la extensión que ocupan, quedando por consiguiente partes más afectadas que otras, que consiguientemente oponen desigual resistencia a los efectos del intemperismo.

En el arroyo del Encino se presenta bien lo que acabamos de exponer, observándose bancos resistentes intercalados entre los que están disgregándose, y dando por resultado que una vez perdida la base que los sostiene, ruedan hacia abajo en grandes bloques.

La formación ha sido invadida por las dioritas y quizá por las diabasas, habiendo lugares donde se ven a través de la masa de las cuarzo-monzonitas, en intrusiones bastante alteradas y resquebrajadas por el intemperismo, de tal manera que en vez de proyectarse sobre la masa general, se les distingue como fajas deprimidas en ella.

El color es claro con manchas blancas, amarillas y negras, debidas a los feldespatos, al cuarzo, a la mica biotita y a la oxidación de los elementos ferro-magnesianos; su textura es más bien granítica, aun cuando no presenta todos los caracteres propios de ésta.

Esmeraldita-Greisen.—Casi en la cima del cerro del Cementerio, se ve un pequeño crestón entre las rocas graníticas, de una roca que los petrógrafos señores Alberto Johannsen e ingeniero Rafael Orozco clasifican como esmeraldita y greisen, respectivamente.

El color es blanco rosado, su aspecto es brillante y sacaroide y muestra una masa granular fina en la que se distinguen el cuarzo y la mica blanca.

Como precisamente al pie de este cerro y en sus flancos, se encuentran

(1) Text. Book of Geology. Archibald Geikie, Vol. I.

las manifestaciones de los agentes mineralizantes de algunos criaderos, opino con el señor Orozco, que se trata de un greisen producido por la transformación de las rocas, a consecuencia del ascenso de las soluciones mineralizantes.

Dioritas.—Esta roca en sus distintas variedades tales como diorita, cuarzo-diorita, grano-diorita, diorita labradorítica, etc., forma los macizos de las elevaciones que se alzan así, tomando como puntos de referencia los pueblos del Triunfo y San Antonio: al E. y N. del primero, la serie de alturas llamadas La Sierrita, La Joya, Cerro 96, cerro del Vaso, y proximidades de la mina de Guasabe y Valenciana, cuyo conjunto determina la sierrita divisoria entre las dos cuencas; al S. varias de las eminencias que no son más que prolongaciones del accidente que se acaba de indicar hacia el valle del Oro, en el que se manifiesta la diorita hasta más allá de la Misión del Rosario; al S. también, pero en el valle de Canovas se sigue la diorita hasta las cercanías del cerro granítico de San Rafael y cerros próximos al de Quiénsabe; al W. y pasando el cerro de La Cruz, en el valle de Codio, se ve en casi toda la extensión del terreno hasta el arroyo del Salto, y formando la roca dominante de varias eminencias como la del Encino, próxima a la de La Cruz.

Al E. de San Antonio constituye la mayor parte de los macizos de la sierrita del mismo nombre, y que como dijimos en la Fisiografía se recorrió desde el portezuelo del Parral hasta el cerrito de Atezcalama; continuando al E. y pasado el vallecito del Tecuan, se le ve formando la sierrita del Tecuan; y más al E. se le observa aflorando en distintas partes como en los cerros del Panadero y arroyos del Encino y del Salto, en la región de Palo Verde.

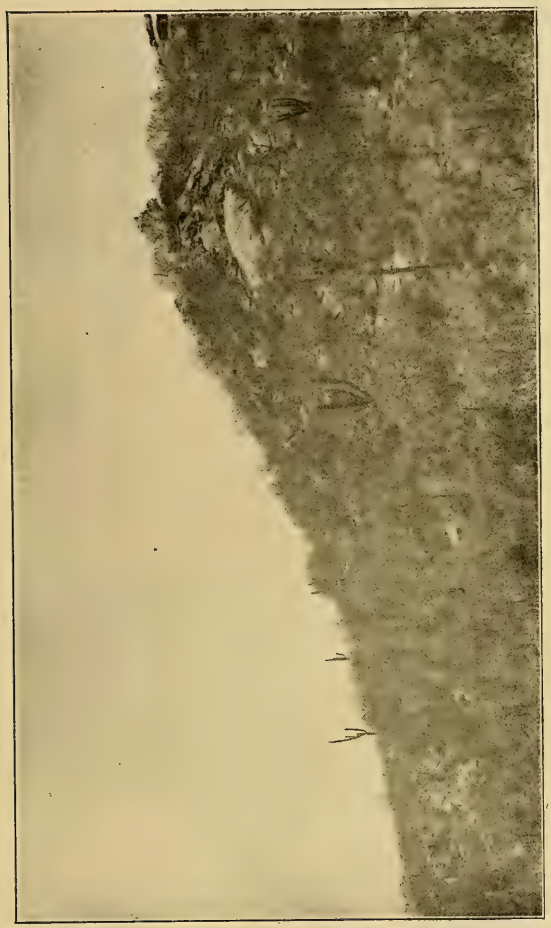
Por lo expuesto se deduce que es bastante la extensión ocupada por las dioritas, siendo una de las rocas predominantes en la región, que se muestra en casi la totalidad de las elevaciones referidas, ya a través de las desgarraduras de los esquistos cristalinos y algunas otras rocas, ya constituyendo el material de mayor afloramiento como sucede en la cuenca del Triunfo, entre el pueblo y las cumbres de La Sierrita, La Joya, etc.

Estas grandes masas de diorita levantaron y trastornaron los esquistos cristalinos, así como gran parte de los gneisses, ayudando con esto a hacer más patente el fenómeno ya ejecutado por los esfuerzos mecánicos debidos al diastrofismo; estos trastornos y modificaciones en la posición de los esquistos y gneisses, se observan en varias partes, pero con especialidad en los cerros de Pizoneña, flancos W. del Cerro 96, rebaje del camino a La Paz en la entrada al Triunfo y cerros de La Campana y del Crestón.

El aspecto de la masa general no es uniforme, dependiendo esto de las variedades de diorita que allí se encuentran, y de diferencias en su constitución íntima, y porque los esfuerzos mecánicos a que estuvieron posteriormente sometidas, no obraron de la misma manera en toda la extensión que ocupan, encontrándose indistintamente porciones donde se caracteriza por su dureza y estado compacto, y donde se muestra deleznable a consecuencia de su esquistosidad y foliación.

Entre esta diorita esquistosa es muy común observar, sobre todo en el camino para carruajes entre el Triunfo y San Antonio, bancos agrietados, duros y compactos, que sobresalen del resto de estos esquistos, y que por sus caracteres físicos han resistido mejor los efectos del intemperismo; dichos bancos que semejan diques me parecieron fajas de diorita que por circunstancias especiales, tales como diferencias en su constitución, así como por no haber sido influenciadas por las presiones, de la misma manera que la que se encuentra en distinto estado de esquistosidad y foliación, se han conservado mejor; pero dado el estudio microscópico que se ha hecho de algunas rocas en otras partes de las mismas dioritas, tal vez pudieran tratarse de diques de diabasa.

El intemperismo combinado con la estructura producida por las juntas, ha obrado sobre estas rocas determinando las formas llamadas esferoides de intemperismo, siendo muy notables en algunos tramos del camino del Triunfo a San Antonio, del portezuelo 96 al tiro del Vaso, y muy especialmente en el cerro del Panadero; son verdaderamente curiosos estos fenómenos cuyo resultado se observa claramente en algunos bloques, que muestran una zona esquistosa compuesta de cubiertas concéntricas, envolviendo a un núcleo casi



Fot. 25.—Diorita en el cerro del Vaso. El Triunfo, Baja California.

Fot. 26. Diorita en el arroyo de Los Troncones de Palma. El Triunfo, Baja California.

Fot. 27.—Diabasa entre los esquistos dioríticos. Camino a San Antonio, San Antonio, Baja California.

Fot. 28.—Bloques de diorita mostrando zonas concéntricas esquistosas. Camino de El Triunfo a San Antonio, Baja California.

Fot. 29.—Cuarzo diorita en el arroyo del Ranchito. Valle de Codio, Baja California.

intacto de la roca; estas cubiertas o capas concéntricas de la periferia se desprenden en fragmentos con más o menos facilidad dejando núcleos redondeados y casi intalterados, que al deslizarse por las vertientes se acumulan en ciertos lugares, haciendo muchas veces la impresión de depósitos mecánicos transportados por el agua.

En las estribaciones del cerro del Panadero, a cuyo pie se encuentra el ranchito de Palo Verde, es muy clara e interesante la acumulación de fragmentos de formas redondeadas, observándose entre el material suelto una gran profusión de ellas, con su superficie foliada en capas semejantes a las de una cebolla, y con dimensiones variables, siendo algunas tan pequeñas que sus diámetros son de 2 a 3 centímetros.

Posteriormente la formación diorítica fué atravesada por vetas intrusivas de aplita y granulita y por diques de granófiro, rhyolitas y diabasa; siendo de repetirse aquí lo notable de estos hechos en el camino entre el Portezuelo 96 y el tiro del Vaso, y los cerros de La Campana, El Crestón y La Joya, en donde se presenta la diabasa cortada por la rhyolita.

Vetas intrusivas de diorita de una textura más fina, se distinguen por su color más claro, sus elementos más pequeños y por la ausencia de mica a la simple vista, atravesando a las dioritas de colores obscuros, de más grandes elementos y cargadas de mica, entre otros lugares en el valle de Codio, desde el arroyo del ranchito hasta el arroyo del Salto, donde tienen una potencia variable pero generalmente de unos 5 a 6 centímetros.

Macroscópicamente la textura es variable desde la granítica hasta la que caracteriza a las aphanitas, graduándose unas en otras por tipos transicionales de textura granular más y más fina.

El color es en lo general negro verdoso, pero también existen los tintes claros y casi negros, que en las rocas alteradas se presentan manchados de amarillo, por la oxidación de los elementos ferro-magnesianos.

Pórfidos andesíticos.—En las elevaciones próximas al S. del portezuelo del tiro 96, en la cuenca del Triunfo, y en el arroyo del Saltito en la cuenca de San Antonio, que quedan en ambos flancos de un mismo accidente, existen unos afloramientos entre las dioritas y esquistos de una roca que los petrógrafos han clasificado como pórfidos andesíticos.

Son cortas intrusiones de un material de color verde obscuro, en cuya masa se observan diseminados cristales de feldespato alterado en un magma muy fino.

Gabbros.—Asociados con los gneisses en el cerro de la Fortuna por una parte, y con las dioritas en los contrafuertes que se cortaron en el camino para automóviles entre El Triunfo y San Antonio, en la cuenca de este último nombre, y en el cerro de Atezcalama por la otra, vamos a ocuparnos de estas rocas que se han clasificado como gabbros de hornblenda, y que pudieran ser más bien tipos de transformación como epidioritas producidas por la uralitización de los pyroxenas; opinión que expongo porque uno de los ejemplares fué estudiado por los señores Gonzalo Vivar y Rodolfo Martínez Quintero, y mientras el primero dice ser diorita, el segundo indica tratarse de un gabbro de hornblenda, aun cuando en sus notas explicativas tienden a unificarse en su clasificación al establecer el señor Vivar que la roca por la presencia del feldespato labrador, se acerca a un gabbro; de cualquiera manera la transformación o uralitización de la pyroxena en hornblenda, está indicada tanto por el señor Johanssen al describir la roca del cerro de la Fortuna, como por el señor Martínez Quintero al indicar que la del camino del Triunfo a San Antonio, que también clasificó el señor Vivar tal como se dijo antes, es una roca que considera como gabbro, tanto por la presencia del labrador como porque la hornblenda parece ser secundaria, es decir, que antes probablemente fué alguna pyroxena monoclínica, que en la actualidad se ha transformado totalmente en hornblenda verde.

En el cerro de la Fortuna parece constituir un dique interrumpido que sigue la cuchilla por la que se une esta elevación, con las estribaciones del cerro Alto; y en el camino a San Antonio y cerro de Atezcalama, actualmente sólo puedo definirla como intrusiones irregulares en la masa general de la diorita.

En sus colores se distinguen los tintes claros y obscuros, hasta el casi negro, con manchas blancas diseminadas.

Las variedades blancas y negras, suministran hermosos ejemplares, en los que se perciben a la simple vista cristalitos alargados y fibrosos, casi aciculares de hornblenda, en una masa granular de feldespatos.

Diabasas.—Rompiendo entre las dioritas, gneisses y esquistos cristalinos, se destaca esta roca bajo la forma de diques con tendencia a seguir una misma orientación, como se verá por los datos que referentes a sus rumbos se tomaron.

Son notables en las elevaciones al N. del Tiro del Vaso, donde se pueden seguir sus crestones a lo largo de algunos contrafuertes que van hacia el arroyo de San Antonio; las situadas entre el portezuelo del tiro 96 y La Joya, y cerros de La Joya, de La Noria y La Campana.

Los crestones tienen una orientación en los cuadrantes NW. a SE. que se acerca más a la línea NS., al contrario de lo que sucede con las rhyolitas con las que suelen cruzarse como ya lo hemos descrito; los rumbos son los siguientes: entre el portezuelo del tiro 96 y La Joya, N. 25° W.; en el cerro de La Joya, varía por tramos pues se flexiona a medida que pasa a distintos accidentes, pero un término medio es de N. 25° W.; cerro de La Noria, en su flanco SW., N. 25° W.; y cerro de La Campana, N. 28° W.; siendo de observarse que el rumbo general es de N. 25° W.

El color del material de las diabasas, es verde azulado y de tintes más bien obscuros; la textura es porfirítica, mostrando manchas blancas de feldespato en una masa granular fina, casi afanítica.

El enfriamiento y consecuente contracción de la masa, dió lugar a juntas de tensión que se establecieron según dos zonas orientadas de la siguiente manera, como se observa en el crestón que se proyecta en los flancos del cerro de La Joya: N. 15° W. y N. 80° E.

Repetiremos que algunos diques de diabasa y de rhyolita se cruzan en el cerro de La Joya, cortando la rhyolita a la diabasa, y siendo por consiguiente la primera, de edad más reciente que la última.

Hornblenditas.—Estas rocas asociadas con las dioritas y esquistos dioríticos, se encuentran bajo la forma de masas irregulares indistintamente diseminadas, pero siendo particularmente notables en ciertos lugares del contrafuerte del Huatamotito, perteneciente a la Sierrita, partes altas de la Sierrita, flancos y cima del cerro de La Joya, Cima del cerro 96, y cerro de La Choya, del Hornito y La Parrita, en la cuenca del Triunfo; siendo muy interesante que en las cumbres de la cadena divisoria entre las dos cuencas, es donde parecen manifestarse en mayor profusión, y tanto por esto como porque los demás afloramientos irregulares están circunscritos a cortas extensiones, los he supuesto como especies de chimeneas entre los esquistos dioríticos y la diorita.

En la cuenca de San Antonio son de notarse entre otros lugares, en el cerro de La Campana, pero especialmente en el cerro de Atezcalama donde se encuentran magníficos ejemplares de hornblendita, constituídos por una agrupación de grandes cristales cuyas facetas fibrosas brillan alternativamente en relación con la luz incidente y cambio de posición del observador.

La hornblenda contenida pertenece a las variedades aluminosas, siendo de un color negro verdoso en lo general, con manchas blancas y amarillas debidas con toda probabilidad a la alteración por el intemperismo de algunos de sus elementos entre los que se encuentra el fierro, y en el que una oxidación más avanzada ha producido las manchas y costras amarillas.

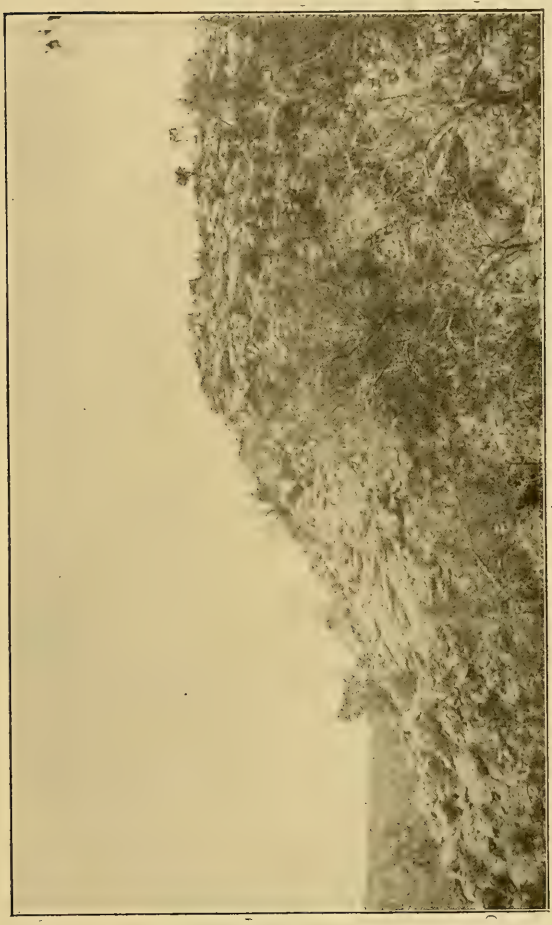
Estas masas irregulares de hornblendita es fundado suponer, que fueron contemporáneas o más bien subsecuentes a los esquistos y dioritas entre los que afloran.

La roca es particularmente interesante por ser auro-argentífera, pues en un análisis de una muestra, practicada por el señor profesor Carlos Castro, jefe del Laboratorio de Química de este Instituto Geológico Nacional, se indica una ley de 19.5 gramos de plata y de 0.5 gramos de oro por tonelada.

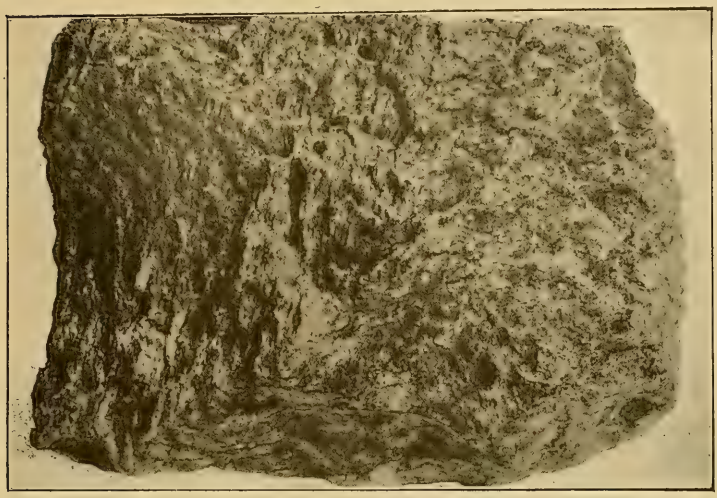
Fot. 30.—Dique de diabasa en el cerro de la Campana. San Antonio, Baja California.

Fot. 31.—Dique de diabasa en el cerro de La Joya. El Triunfo, Baja California.

Fot. 32.—Hornblendita en el contrafuerte del Huatamotito.
El Triunfo, Baja California.



Fot. 33.—Gneiss en el cerro de la Cruz El Triunfo, Baja California.



Fot. 34.—Gneiss en el cerro de Quiénsabe. El Triunfo, Baja California.

Fot. 35.—Gneiss en el cerro de la Cruz. El Triunfo, Baja California.

ANALISIS NUMERO 131

Muestra de roca (hornblendita)

Análisis practicado por el profesor Carlos Castro

Humedad (H_2O a 110°C)	0.09%
H_2O al rojo	0.47 ,,
SiO_2	44.48 ,,
FeO	6.54 ,,
Fe_2O_3	2.20 ,,
Al_2O_3	19.76 ,,
MnO	0.21 ,,
CaO	13.19 ,,
MgO	9.51 ,,
TiO_2	1.81 ,,
K_2O	0.52 ,,
Na_2O	1.49 ,,
	100.27
Plata en gramos por tonelada	19.5
Oro ,, ,, ,, ,,	0.5

Este resultado es muy importante, pues conduce con todo fundamento a inferir algunas conclusiones, sobre el papel desempeñado por estas rocas en la mineralización de los criaderos en las cuencas del Triunfo y San Antonio.

Gneiss.—El metamorfismo dinámico al ejercer su acción sobre el complexo múltiple que constituye la formación, tuvo entre otros efectos la producción de esta clase de rocas en los granitos y las dioritas; pudiendo por lo tanto distinguirse los gneisses graníticos y los dioríticos.

Es muy frecuente y se le encuentra en varios lugares, ya ocupando las partes altas, ya las bajas, ya las intermedias de los flancos de las elevaciones, habiendo algunas de éstas donde por lo menos superficialmente, es el material dominante como es el caso de los cerros de Quiénsabe, La Cruz y La Noria.

Sus mejores manifestaciones están en la cuenca del Triunfo en los cerros del Cementerio, Quiénsabe, La Cruz, La Noria, Pizoneña, Alto, Fortuna, Picachudo, pequeñas elevaciones al S. del cerro de la Fortuna y tramos determinados del arroyo del Triunfo; observándose en mayor profusión en los accidentes que sirven de límites por el W.

En la cuenca de San Antonio también se presentan indistintamente, pero son particularmente notables en un tramo del camino entre el portezuelo 96 y tiro del Vaso, alturas de la zona de San Lorenzo y Vaca Muerta, y cerros de La Campana y el Crestón.

Aun cuando existen opiniones (1) de que la separación en bandas, es probable que no se deba a procedimientos subsecuentes de deformación y reordenación, sino que pertenece a la estructura original de las masas como se ha comprobado en algunas eruptivas, en mi concepto, en el caso que tratamos, si es un resultado de dicho procedimiento debido a las presiones mecánicas, pues éstas a consecuencia de las que se produjeron los gneisses fueron tales, que no sólo tuvieron por efecto orientar los elementos componentes de las rocas originales según bandas más o menos rectas y paralelas, como se ve en ciertas partes del cerro de La Cruz, sino también los acomodaron según fajas plegadas y onduladas, como se observa en algunos ejemplares muy curiosos obtenidos de los cerros de Quiénsabe y La Cruz.

Fenómenos de concentración de ciertos elementos bajo la forma de lentes, se notan en algunas porciones, como sucede en los cerros que anteriormente se mencionaron donde se encuentran acumulaciones lenticulares de mica-biotita.

(1) Text. Book of Geology. Archibald Geikie, Vol. I.

La estructura característica no es igualmente clara, pues la disposición de los elementos siguiendo cierta orientación, se gradúa entre la tosca y la fina, existiendo muestras donde apenas se percibe cierta tendencia a dicha orientación; esto, a mi modo de ver, confirma lo que se expuso relativo a la génesis, pues es de pensarse que allí donde las presiones obraron con mayor intensidad, produjeron la estructura gneissica tosca, que fué convirtiéndose en más y más fina hasta perderse, a medida que el material por su posición más cercana al centro y más alejada de la superficie, recibía menos directamente y con menos intensidad los esfuerzos de las presiones; de manera que en el caso de los macizos graníticos me parece fundado decir, que están compuestos de núcleos casi inalterados envueltos por zonas de gneisses más y más perfectos.

Los movimientos sufridos por la formación, tanto por los esfuerzos mecánicos como por la invasión de las dioritas y otras rocas, que levantaron y trastornaron a los gneisses y esquistos, determinaron en algunas partes la penetración de unos en otros, observándose en estos casos unas como cuñas de gneisses entre los esquistos, como por ejemplo, en la bocamina del Nacimiento; el hecho de que acabamos de ocuparnos no es enteramente preciso, pero sí muy probable, pues sabida es la dificultad que muchas veces existe en distinguir un verdadero esquisto de un verdadero gneiss, porque no siempre puede establecerse una línea de separación perfecta, entre el carácter esquistoso y foliado de unos y otros.

Recordaremos que este material ha sido atravesado por otras rocas ya de naturaleza ácida, ya básica, y tanto bajo la forma de vetas intrusivas como la de diques, siendo de indicarse las pegmatitas con turmalina negra en el cerro de La Cruz, la diabasa en los cerros de La Noria, el granófiro en el cerrro del Crestón y vetillas de aplita y granulita en otras partes.

El cuerpo general de los gneisses presenta rupturas en su continuidad, por el establecimiento de zonas de juntas acompañadas algunas veces de fenómenos de dislocación; esto último está bien manifiesto en la diorita y gneisses dioríticos, en el camino entre el Portezuelo 96 y el tiro del Vaso, donde es patente la interrupción y desalojamiento de las juntas muestras.

Los rumbos según los que se verificaron las juntas varían ampliamente, pero según los datos siguientes: cerro de La Cruz, N. 20° E.; cerro de Quiénsabe, N. 20° E. y N. 70° W., y cerro del Cementerio, N. 10° E. y EW.; se deduce que se establecieron según zonas en el cuadrante NE. entre los 20° y 25°, siendo éstas cortadas casi en ángulo recto por otras en el cuadrante NW., según parecen indicarlo los datos del cerro de Quiénsabe.

Estas juntas, aunque resultan en los mismos cuadrantes que las que afectaron a las rocas graníticas, difieren en cuanto al número de grados del rumbo, lo que demuestra la complexidad del fenómeno, pero que por la identidad del cuadrante nos pone en actitud de presumir la dirección general de los esfuerzos de compresión sobre las masas de las rocas.

Los planos de las juntas no siempre son verticales, sino que afectan cierta inclinación, variando su echado entre 23° y 45° tanto al N. como al W.; y han dividido, como en el cerro de La Cruz, a la masa general del gneiss en lajas que suministran losas para pavimentos.

Los colores son claros de tintes grises, amarillos y rojizos en las variedades graníticas, y en lo general obscuros en los gneisses dioríticos.

Esquistos.—También me parece conveniente disintiguir los esquistos de diorita y los mica-esquistos; siendo los primeros la transformación de las dioritas, como efecto de los esfuerzos de compresión y de ruptura a que estuvieron sometidas, y los segundos el resultado del metamorfismo ya dinámico o de contacto, o por la acción combinada de ambos, sobre depósitos creo de origen sedimentario; lo que se acaba de decir sobre el metamorfismo, está fundado en el hecho de que los mica-esquistos, se ven algunas veces rodeando a núcleos de granito, como en el valle de Canovas en los alrededores del cerro de San Rafael, notándose la particularidad de que su carácter micáceo parece mejor definido a medida que quedan más cerca de los granitos.

Extensa es la formación observándoseles indistintamente en los valles de El Oro, Codio y Canovas. En la región de Palo Verde en los cerros del

Fot. 36.—Juntas de la diorita, entre el portezuelo 96 y el tiro del Vaso.
El Triunfo, Baja California.

Fot. 37.—Esquistos en la mina El Sol de Mayo. Cerro de La Campana.
San Antonio, Baja California.

Fot. 38.—Esquistos en la mina de La Campana. Cerro de la Campana. San Antonio, Baja California.

Fot. 39.—Esquistos frente a la mina Soledad. El Triunfo, Baja California

Fot. 40.—Contacto entre los esquistos y gneisses al pie del cerro de la Cruz.
El Triunfo, Baja California.

Fot. 41.—Esquistos y mica-esquistos, en las cercanías de la mina El Nacimiento.
San Antonio, Baja California.

Panadero, El Mautal y el arroyo de El Salto. En la cuenca de San Antonio son muy frecuentes, pues se les ve cubriendo porciones de importancia en los alrededores de la mina El Parral, en los flancos E. de la sierrita divisoria entre San Antonio y El Triunfo, en el cerro de Lachurea y parte baja del valle, así como en las elevaciones del Crestón, La Campana, La Vaca Muerta y otras, que hasta los alrededores de Columbinas determinan la sierrita de San Antonio; en algunas partes la formación se manifiesta bastante potente, como en el Parral y sus cercanías, zona desde el portezuelo de Humboldt hasta más al N. de la mina Valenciana, en la Vaca Muerta y entre los cerros de La Campana y El Crestón. En la cuenca del Triunfo cubren porciones de bastante importancia, siendo notables los mica-esquistos desde el portezuelo de Canovas hasta más allá del pueblo del Triunfo, y desde el arroyo del Triunfito hasta el pie de los cerros de Quiénsabe y La Cruz, extendiéndose hacia el N. por los cerros de La Noria y Pizoneña, y los alrededores de las minas La Prosperidad y Nacimiento; los esquistos dioríticos se encuentran en los lugares donde se presenta esta roca y que ya hemos indicado, siendo de recordarse que como la diorita es la componente principal de la sierrita divisoria entre las dos cuencas, es en sus flancos donde mejor se ven estos esquistos, pero de preferencia en el contrafuerte del Huatamotito, cerro de Mendozeña, Portezuelo, de los San Juanes y otros lugares; los esquistos por tramos se manifiestan poderosos como sucede en las cuencas de los arroyos de La Fortuna y 96, donde están las minas de Soledad, Fortuna, San Pedro, San Nicolás, Tiro 96 y Humboldt, y entre los cerros 96, Alto y Pizoneña.

La esquistosidad o foliación superinducida varía desde la tosca hasta la fina del mica-esquisto; en el valle de Canovas, cerca del cerro de San Rafael, los mica-esquistos muestran una estructura con planos divisionales numerosos más o menos paralelos y muy juntos, con sus caras lustrosas y brillantes a consecuencia de la mica, y que da la impresión de una phyllita. Por estas circunstancias reunidas y porque después del examen microscópico de la roca, me parece fundado lo establecido por el señor Dorby (1), al indicar que los mica-esquistos son rocas sedimentarias metamorfoseadas, he creído prudente colocarlos entre los de origen sendimentario, metamorfoseados por la extravasación de los granitos y por el metamorfismo dinámico.

En las dioritas se observa desde el simple crucero, como frente a la mina de Soledad, y distintos grados de fisilidad hasta la esquistosidad o foliación, como en el camino a San Antonio.

La separación entre algunos esquistos y gneisses no siempre es fácil de determinar, pues suelen graduarse unos en otros de tal manera que en su contacto se confunden y no se les distingue con claridad, como al pie del cerro de La Cruz.

Los mica-esquistos se presentan levantados y trastornados por las dioritas entre otros lugares, en el rebaje del camino de La Paz al Triunfo, a la entrada de este último, frente a la hacienda del Progreso, donde se manifiestan a ambos lados de un núcleo de diorita esquistosa bastante alterada. Los esquistos y los mica-esquistos se observan algunas veces como en las cercanías de la mina El Nacimiento revueltos y en confusión tal, que hacen patentes los movimientos y trastornos sufridos por la formación a consecuencia de los esfuerzos mecánicos que se desarrollaron.

También aquí como en los gneisses, mencionaremos que el material de los esquistos ha sido atravesado por otras rocas, ya bajo la forma de vetas intrusivas, ya bajo la de diques, indicando las pegmatitas en los cerros de Bebelamas, en el arroyo del Salto de la región de Palo Verde y en otros lugares; diabasa en el cerro de La Campana, y vetillas de aplita y granulita en varias partes.

En determinadas porciones de la extensa superficie ocupada por los esquistos, suelen manifestarse fajas alargadas de un material verdoso, untuoso al tacto y a veces también esquistosos, que en mi concepto no es más que el resultado de la serpentinización de las dioritas esquistosas; encontrándose por lo regular en las cercanías de los criaderos minerales; este hecho se observa muy bien en el cerrito de Lachurea de la cuenca de San Antonio.

(1). Text. Book of Geology. Archibald Geikie, Vol. I.

Los esquistos son de colores obscuros, amarillos y rojizos, según el grado de oxidación de sus componentes ferruginosos, mostrándose más alterados a medida que se encuentran más cerca de los criaderos minerales, y por consiguiente, de los trayectos por donde se verificó mejor la circulación de las aguas mineralizantes, y en ciertos casos es muy notable la silicificación y oxidación que en ellos se efectuaron.

La formación se ve interrumpida por juntas y dislocaciones, este último fenómeno es particularmente interesante por su magnitud, en el espacio comprendido entre las minas de Guasabe y Valenciana; las juntas varían en sus rumbos, pero por los siguientes datos (N. 45° W., N. 55° E. y N. 25° W.-N. 47° E.), tomados respectivamente en el tajo a la entrada del Triunfo y en el cerro del Cementerio, se ve que al establecerse lo verificaron según zonas en los mismos cuadrantes.

Caliza metamórfica.—En el Valle de Codio, en el lugar conocido con el nombre de La Calera, se encuentra un yacimiento de caliza metamórfica alargado en la dirección de N. 50° E, su echado es de 67° al E., está colocado entre esquistos cristalinos y parece que descansa sobre las dioritas; es un mármol de aspecto cristalino y de color gris claro con manchas de tintes más obscuros; se muestra agrietado, y hasta la profundidad ahora excavada, no ha producido sino pequeños fragmentos que usan en la fabricación de la cal.

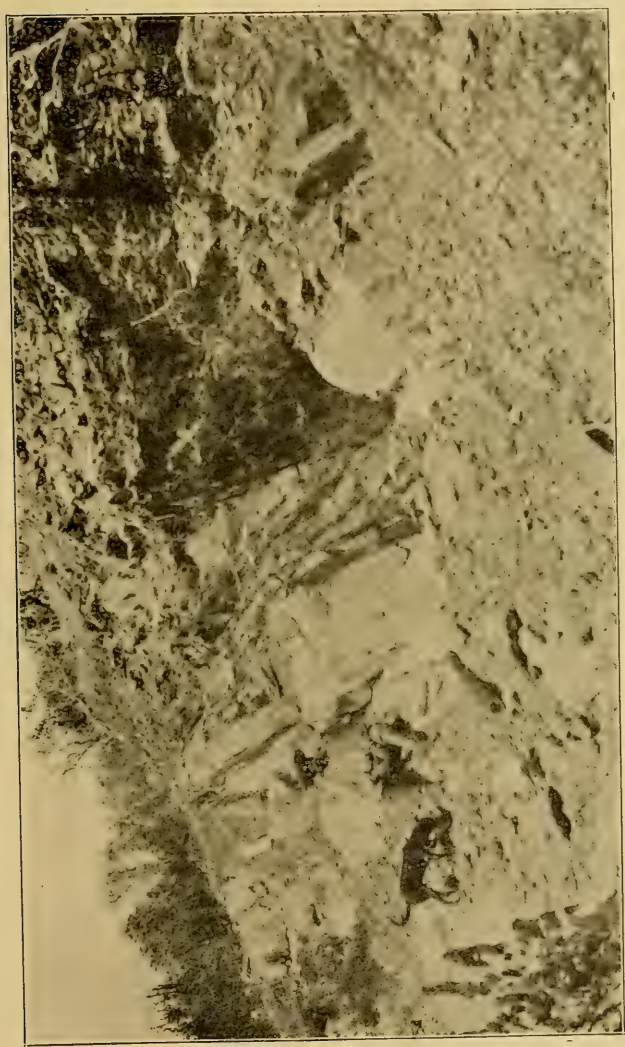
Ya antes se indicó al tratar del itinerario Todos Santos-El Gaspareño, que este material se presenta en varios lugares de la sierra de la región del Cabo, teniendo esto interés porque suministra algunas bases, para deducir el origen probable de algunos de los esquistos, con los que se encuentra asociado.

Dislocaciones.—En el curso de la exposición que se ha hecho sobre las distintas rocas cuyo conjunto constituye el terreno que se estudió, varias veces se hizo mención de los esfuerzos mecánicos y de las transformaciones y movimientos que sufrió la formación a consecuencia de ellos.

Natural es pensar que una región tan afectada como ésta, en la que han quedado impresos de una manera muy marcada los trastornos y transformaciones sufridas, pues es esencialmente metamórfica, manifieste desalojamientos como consecuencia de rupturas y dislocaciones en las diferentes partes de que se compone; y así es en efecto, habiendo hecho referencia a ellas en lo escrito sobre vetas intrusivas de aplita y granulita, al tratarse de juntas maestras en los gneisses dioríticos y al describir lo relativo a esquistos: ahora sólo agregaremos que los fenómenos que nos ocupan son notables en algunos criaderos, como en el trabajado en la mina de Tres Marías, donde se observa la veta dislocada por una falla en pendiente directa de rumbo S. 25° E., y que son aún más notables en el terreno comprendido entre las minas Guasabe y Valenciana, donde el salto producido por la dislocación, ha determinado una profunda barranca de bordes abruptos y acantilados.

Historia geológica de la región.—Habiendo reseñado la naturaleza y distribución de los materiales cuyo conjunto constituye la estructura del terreno, vamos ahora, con ayuda de los datos recogidos y con la interpretación de los fenómenos observados, a tratar de establecer las fases evolutivas de la formación, o sea la historia geológica de la región.

Como rocas más antiguas creo que se pueden considerar a los mica-esquistos o mica pizarras y phillades, cuyos girones se ven en contacto con los gneisses y las rocas dioríticas; después las graníticas que por metamorfismo dinámico dieron lugar a los gneisses; el concepto anterior proviene de que en el Portezuelo de Canovas, entre los cerros del Cementerio y Quiénsabe, me ha parecido observar que los mica-esquistos y pizarras cristalinas se apoyan sobre el gneiss de los dos cerros, pudiendo decir otro tanto de las relaciones de posición entre ambas rocas, en el pie del cerro de La Cruz, siendo, por lo tanto, las graníticas emisiones posteriores que atravesaron a las mica-pizarras y mica-esquistos. Desgraciadamente no logré obtener ningún fósil, cuya determinación nos hubiera puesto en condiciones de asegurar la edad de estas últimas rocas, cosa por otra parte bien difícil, aun en el caso de que hubieran existido, si se recuerda que la región ha sido el objeto de un intenso metamorfismo.



Fot. 42.—Caliza metamórfica en la Calera. Valle de Codio, Baja California.

Después de haber leído varias obras que pudieran arrojar luz sobre el particular y de las que no obtuve nada en concreto, pues las que precisan algún dato de geología histórica, se refieren a lugares muy alejados (1), no obstante que en su formación me ha parecido encontrar cierta semejanza con la que nos ocupan, no he estimado conveniente tomar dichos datos como base, por la extensión enorme que, como ya dije, existe entre las zonas estudiadas. Refiero lo anterior por la semejanza en los materiales, y porque quizá en un futuro próximo puedan relacionarse unos con otros y se llegue a concluir algo definitivo sobre su edad.

En vista de estos obstáculos, tomaremos a las rocas primeramente indicadas como las representantes del Arcaico en la formación, creyendo con esto interpretar debidamente lo que sobre las rocas de esta Era escribieron los distinguidos geólogos mexicanos, señores José G. Aguilera (2) y Ezequiel Ordóñez (3).

Posteriormente vino una sucesión de rocas ígneas, probablemente antiguas o de la serie antecretácica (4), constituída por los granitos, las cuarzo-monzonitas, dioritas, gabbros, diabasas y hornblenditas, cuya distribución reseñamos, siendo de notarse que en vista de que las cuarzo-monzonitas de la región de Palo Verde, se manifiestan cortadas por algunos diques de dioritas como en el arroyo del Encino, son de tomarse como las más antiguas; después hicieron su aparición las dioritas que levantaron, trastornaron y metamorfosearon aún más a los esquistos cristalinos y gneisses, invadiendo la mayor parte de la región, y formando los grandes macizos de la sierrita limítrofe entre San Antonio y El Triunfo, y la de San Antonio; contemporáneas con las dioritas o quizá posteriores, hay que considerar a los gabbros diabasas y hornblenditas, que hemos visto asociadas con ellas, pues algunas como la diabasa se manifiestan en diques que cortan tanto a los gneiss, como a los esquistos y dioritas, y las otras como intrusiones irregulares en la masa general de dicha roca.

Una vez en este estado progresivo de la formación, se impone admitir una segunda emisión de rocas graníticas representadas por las intrusiones, diques y vetas intrusivas de granitos, granófiros, pegmatitas, aplitas y granulitas, que hemos encontrado rompiendo a las dioritas, gneiss, esquistos cristalinos y cuarzo-monzonitas; es indudable que estas emisiones de tipo más ácido, fueron posteriores a la serie de rocas que hemos enumerado, desde el momento que las cortan, y tal vez pudiéramos comprenderlas entre las graníticas que el señor don Ezequiel Ordóñez (5), anota como post-cretácicas, o entre las que los señores doctores Emilio Böse y Ernesto Wittich refieren a los principios del cretácico superior (6).

Posteriormente a la salida de las dioritas y de las diabasas, y probable-graníticas que el señor don Ezequiel Ordóñez (1), anota como post-cretácicas, o entre las que los señores doctores Emilio Bose y Ernesto Wittich refieren a los principios del cretácico superior (2).

Al Terciario hay que referir la brecha de cemento calichoso que encontramos en el arroyo de San Antonio y cuyo depósito se verificó, es de suponerse, durante el Plioceno, como lo veremos después.

En el Cuaternario comprenderemos los aluviones y el material detrítico que, como producto de la desintegración de las rocas, se ve diseminado en la superficie del terreno, pero de preferencia acumulándose en las hondonadas y lechos de los arroyos.

Como la historia geológica de la región está íntimamente ligada con

(1) Parergones del Inst. Geológico de México. Tomo IV. Núms. 2 al 10.

(2) Boletín del Inst. Geológico de México, 4, 5 y 6, segunda parte. Sinópsis de Geología Mexicana, por José G. Aguilera

(3) Memorias de la Sociedad «Alzate.» Tomo XXII. Las Rocas Arcaicas de México, por Ezequiel Ordóñez, M. S. A.

(4) Boletín del Inst. Geológico de México, 4, 5 y 6. 3ª parte. Las Rocas Eruptivas, por Ezequiel Ordóñez.

(5) Boletín del Inst. Geológico de México, 4, 5 y 6. 3ª parte. Las Rocas Eruptivas, por Ezequiel Ordóñez.

(6) Parergones del Inst. Geológico de México. Tomo IV. Núms. 2 a 10. Informe relativo a la exploración de la región N. de la costa W. de la Baja California, por E. Böse y E. Wittich.

la del territorio de que forma parte, vamos a seguir en sus movimientos a este último, que en un tiempo estuvo unido al resto de la República, sin la solución del Golfo de California.

La Baja California es de creerse que participó del diastrofismo que se tradujo en un movimiento ascencional, probablemente desde a principios del Cambriano hasta el Carbonífero o finales del Paleozoico (1).

Después es de suponerse que haya seguido los movimientos diferenciales a que estuvo sujeta la región NW. del país, durante los períodos Triásico, Jurásico y Cretácico.

Al comenzar el Cenozoico, todavía la Baja California no era una Península, como claramente lo indica el señor Aguilera cuando establece lo siguiente: "El Pacífico estaba limitado por líneas de costa situadas más al W. y la Península de la Baja California no había sido separada todavía del Continente;" al concluir el Eoceno y en casi todo el transcurso del Mioceno, las aguas del Pacífico invadieron las tierras emergidas, y antes de terminar el Mioceno formaron el Golfo de California, dando lugar a la Península de Baja California; el hundimiento probablemente continuó hasta el Plioceno, y llegó al grado de hacer que la Península sufriera un fuerte estrechamiento en su parte N. a la altura de San Diego; antes de los finales del Plioceno, volvió a verificarse un movimiento ascencional de las tierras; es durante el último fenómeno de inmersión cuando considero que se formó el depósito de las brechas que se encuentran en el arroyo de San Antonio y que desde los finales del Pliocenio, han continuado levantándose hasta alcanzar actualmente la altura de 329 metros sobre el nivel del mar, frente al cerro de Atezcalama.

El estudio de los criaderos minerales de la región sería el complemento de este trabajo. No disponiendo en la actualidad de los datos suficientes para hacerlo con la exactitud que asunto de tal importancia requiere, y en la dificultad, por consiguiente, de terminarlo en tal forma que satisfaga las condiciones de seriedad y veracidad aconsejadas por la ciencia, lo aplazamos para más tarde en que, mejor documentados en cuanto a topografía, determinación de especies minerales, análisis de rocas y resultados de ensayes, se pueda estar en aptitud de escribir dicho trabajo, que repetiremos, vendrá a ser el complemento de la presente memoria; reservándonos para entonces la satisfacción de presentar a conciencia, nuestras conclusiones sobre los criaderos de los minerales del Triunfo y San Antonio, aumentando así los datos sobre geología aplicada, que por ahora son los de mayor utilidad para nuestro país.

México, febrero 5 de 1920.

---

(1) Al escribir este párrafo y los que siguen, he procurado ajustarme a lo que dice, en la Sinópsis de Geología Mexicana, en el Boletín del Inst. Geológico 4, 5 y 6, el geólogo señor José G. Aguilera.

SIERRA DEL NOVILLO O TRINCHERA, DISTRITO SUR, BAJA CALIFORNIA

POR EL SEÑOR DON ENRIQUE DIAZ LOZANO.

INTRODUCCION

Designado por la Dirección de Exploraciones y Estudios Geológicos, para formar parte de la comisión enviada al Distrito Sur de Baja California, se me ordenó por el jefe de dicha comisión que, en compañía de los señores practicantes Jorge A. Villatoro y Otón S. Orozco, verificara el estudio de la región situada al Oriente de La Paz, siguiendo las formaciones que se presentan paralelamente al Este del camino que conduce de esta población a Todos Santos.

De acuerdo con la orden recibida, se dió principio al estudio de esta región, cuya formación es ígnea y comprende dos zonas: una rhyolítica que se encuentra situada al N., NE., E. y S. de La Paz y se prolonga por el lado oriental del camino que conduce a Todos Santos, hasta muy cerca del poblado de San Pedro, y la otra, granítica, pues es la formación dominante, y que constituye el macizo que forma la cadena montañosa llamada de San Lázaro, que principiando al N. con la sierra de Cacachilas, se extiende hacia el extremo S. de la península de Baja California, dividiéndose en dos macizos secundarios, el llamado sierra de la Laguna y el de la Trinidad, separados por la cuenca que forma el río de San José, en cuya desembocadura se encuentra situada la población y puerto de San José del Cabo.

El tramo de esta cadena que nos correspondió estudiar, es el llamado sierra del Novillo o Trinchera, situado entre la de Cacachilas al N., NE., y E. y las montañas del Triunfo, de cuyo estudio se ocupó el señor ingeniero Vicente Gálvez, subjefe de la comisión.

De la zona rhyolítica, sólo se estudió en un principio, parte de ella, la que está al lado del camino según el cual se tenía que hacer el estudio, quedando pendiente el resto de esta formación, que se extiende al NE. y E de la Paz, por haber dado preferencia al estudio de la zona granítica que se presenta a continuación, en el mismo lado del camino.

Más tarde, de acuerdo con el señor ingeniero Vicente Gálvez, que fué designado jefe de la comisión en lugar del señor ingeniero Bustamante, y después de haber terminado el estudio en la sierra del Novillo, se reanudó el de la parte de la comarca rhyolítica, que había quedado pendiente.

Mientras se emprendían estas investigaciones, llegó el señor doctor Antonio Pastor Giraud, que fué designado para inspeccionar los trabajos y bondadosamente colaboró con la sección que me fué encomendada en los estudios de esta última parte de la región rhyolítica ya mencionada.

Esta vez las exploraciones se extendieron hasta las islas del Espíritu Santo y la de Cerralvo y al lugar llamado Cajón de los Reyes, situado hacia el Occidente de la bahía de La Paz, exploraciones que sólo fueron de unas cuantas horas.

Cuando se hacían los últimos reconocimientos en la sierra del Novillo, el calor se había acentuado de tal manera, que fué imposible continuarlos con la actividad con que se habían iniciado y creí de mi deber poner en conocimiento del jefe de la comisión la forzada lentitud, con que por esta causa irremediable, se iban obteniendo los datos de la exploración.

En espera de lo que resolviera la superioridad en México, se continuaron los trabajos con la consiguiente lentitud; se hicieron los últimos reconocimientos en la sierra del Novillo, y se emprendió el estudio de la zona rhyo-

lítica que, como ya se dijo, había quedado pendiente. En el curso de estas operaciones, recibí orden para acompañar al señor Pastor Giraud en una excursión a la región de la Purísima, por lo que, los últimos reconocimientos quedaron a cargo de los señores practicantes Orozco y Villatoro, que con toda buena voluntad colaboraron conmigo desde el principio, encargándose además de tomar los datos topográficos que fué posible, así como de obtener las fotografías (1) para ilustrar este estudio, trabajo al que especialmente se dedicó el señor Orozco.

Es de justicia hacer notar la buena acogida con que fuimos recibidos y ayudados en todas partes, tanto por las autoridades, como por los particulares.

Además de los estudios ya enunciados, se hizo una excursión a la sierra llamada de La Laguna, y fuí designado en unión del señor Orozco, por el entonces jefe de la comisión, señor ingeniero Miguel Bustamante, para que acompañáramos en ella al señor Gobernador, general Manuel Mezta, a los señores Balarezo y otras personas. La expedición fué de muy poco tiempo y no puede decirse gran cosa acerca de este gran macizo granítico, al pie de cuyas estribaciones, se encuentra la población de Todos Santos.

Como se comprenderá, los datos obtenidos para su estudio, así como los recogidos en las expediciones a las islas de Cerralvo y Espíritu Santo, son muy escasos, lo mismo que los que se pudieron reunir en el lugar llamado Cajón de los Reyes, por lo que estos puntos serán tratados en su oportunidad muy someramente.

ASPECTO GENERAL

La extensión recorrida por nosotros, puede dividirse de la manera siguiente:

La sierra llamada de San Lázaro (2) que principiando al Sureste de La Paz con el macizo de Cacachilas, sigue con el del Novillo o Trinchera, macizo que el señor Angerman en su estudio titulado "Fisiografía e Hidrología de los alrededores de La Paz, Baja California," designa con el nombre de sierra de San Pedro, forma una faja angosta que ocupa el lado oriental en esta parte de la península y queda limitada por la costa hacia el Golfo de California. Después, a la altura de las poblaciones y Minerales del Triunfo y San Antonio, se extiende hacia el Suroeste, invadiendo todo el extremo Sur de la península y dividiéndose en dos ramas designadas con los nombres de sierra de la Laguna al Oeste y la Trinidad al Oriente, y separadas por la angosta cuenca, en cuyo fondo corre el río de San José que desemboca en el mar.

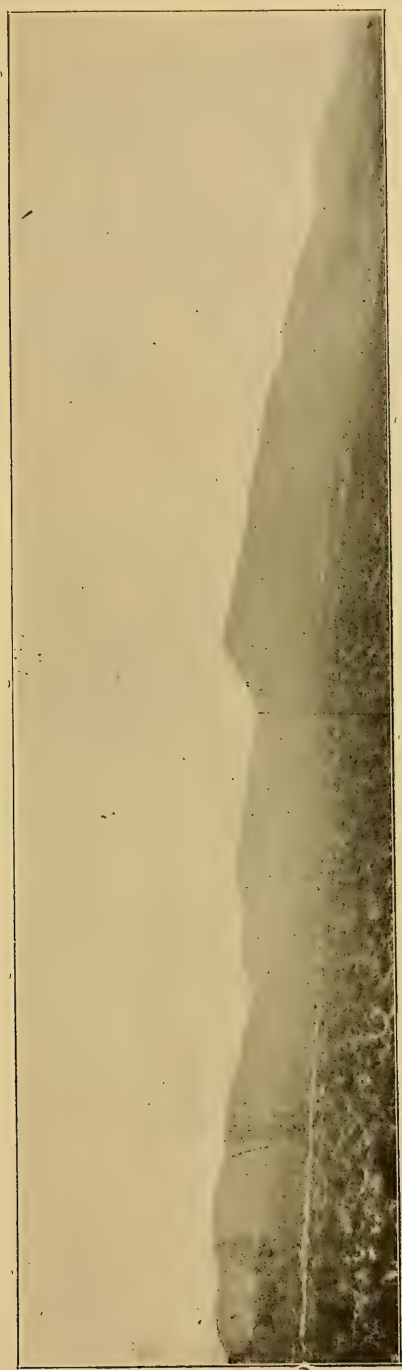
Este gran macizo montañoso contiene alturas de bastante consideración, como el Pico de los Soldados, en la sierra de Cacachilas, que alcanza una altura de más de 1,400 metros sobre el nivel del mar (4,262 pies), y el de La Aguja, en la sierra de la Laguna, cuya altura es de más de 2,000 metros (6,083 pies), señalándose en las cartas geográficas de estos lugares alturas aun mayores como la de Santa Genoveva, con más de 3,600 metros (8,000 pies), en la misma sierra de La Laguna.

Este conjunto montañoso representa orográficamente la parte más importante de la región; a él pertenece la sierra del Novillo ya mencionada y a la que se concretó nuestro estudio; tiene aproximadamente una dirección Noreste a Suroeste, afectando una forma alargada, más ancha hacia su extremo Sur (lámina II), que hacia la extremidad septentrional; contiene también alturas de regular consideración, entre las que pueden señalarse el cerro Prieto con 980 metros sobre el nivel del mar, de San Isidro con 740, el de la Cercada, con 780, existiendo algunos otros de alturas intermedias.

En general, el sistema montañoso de la sierra de San Lázaro, tanto por

(1) Los dibujos correspondientes a los croquis, con muy ligeras modificaciones, fueron ejecutados por el señor Jorge A. Villatoro.

(2) Véase la lámina III contenida en el estudio que antecede, titulado "Los Minerales del Triunfo y San Antonio," por el señor don Vicente Gálvez.



Fot. 1.—Vista panorámica de la zona rhyolítica al Sur de la Paz, tomada desde el cerro de San Juan, Baja California.

su magnitud, como por su antigüedad, ha influído en el aspecto dominante de la región, pues la larga acción de los agentes exteriores, ha hecho que el material granítico de que está constituído, al ser alterado y desintegrado, haya sido a su vez arrastrado por las aguas y diseminado desde sus flancos hasta sus partes más bajas, extendiéndose a gran distancia y enterrando puede decirse, bajo la capa de estos materiales de desagregación, parte de las formaciones posteriores.

Las alturas que se encuentran en las cercanías de La Paz, son las que como se ha dicho antes, pertenecen a la comarca rhyolítica, cuya fisonomía las hace distinguirse perfectamente del sistema montañoso que lleva el nombre de sierra de San Lázaro.

Este conjunto de elevaciones, ocupa una extensión muy pequeña relativamente en comparación con el poderoso macizo granítico ya mencionado.

Todas estas alturas son de corta elevación; las mayores quedan comprendidas entre unos 200 y 300 metros sobre el nivel del mar; sus formas son muy características, principalmente las que afectan las situadas al Este del camino entre La Paz y San Pedro, pues son alargadas y en forma de mesas inclinadas, aproximadamente en disposición paralela, y con dirección de Este a Oeste, teniendo su mayor altura hacia el Oriente, como puede observarse en los cerros Atravesado, Bledal, Mezquitito, El Quiote, etc.

Hacia el Norte y Este, se extiende el resto de este conjunto de alturas, que como el cerro de La Calavera y el del Coyote, bordean con su flanco occidental el canal que da acceso al puerto. Todas ellas se extienden formando una faja que comienza en el borde oriental de la bahía de La Paz, cerro del Coyote y Calavera y se distribuyen al Este, Sureste y Sur de La Paz, deteniéndose a poca distancia del poblado de San Pedro, en donde se aproximan al macizo granítico del Novillo, relacionándose con él en los flancos occidentales de la extremidad septentrional de esta sierra, por medio de lomeríos.

La región que el señor Angermann en su estudio citado, página 34, llama la depresión, es una lengua de tierra arenosa, casi plana, que se eleva suavemente entre la bahía de La Paz y Todos Santos. Tiene una dirección de Sur a Norte y está limitada hacia este último punto, por la bahía de La Paz, al Este y Sur, por el sistema montañoso de la sierra de San Lázaro, y al Oeste, por un conjunto de pequeños lomeríos que la separan del Pacífico y que nosotros no tuvimos oportunidad de estudiar en toda su extensión.

En la región recorrida por nosotros, las aguas superficiales tienen su origen principalmente en los macizos graníticos.

Los arroyos que con carácter torrencial descienden de éstos, cortan a través de los lomeríos que se apoyan en los flancos de la sierra, para correr después en un cauce incierto, por la planicie, absorbiéndose la mayor parte de ellos, en los extensos depósitos arenosos que la cubren y desembocando otros en la bahía de La Paz.

En esa región los arroyos principales (lámina I) son: el de la Barrosa, que tiene su origen en el macizo de Cacachilas, pasa por la falda Sur del pico llamado de los Soldados, en cuyo lugar recibe el nombre de arroyo del Puerto, pasa después por la región rhyolítica cerro de San Andrés, Pozos y otros puntos, con el nombre de arroyo de la Cantería y con el de la Barrosa desemboca en la bahía. El arroyo de San Isidro, que nace un poco al Sur del rancho llamado de las Calabazas, hacia el Oriente de la sierra del Novillo, tuerce su cauce al Occidente; pasa a través de los cerros de San Isidro y la Cercada; continúa por el rancho de las Playitas; corre después hacia el Sur, y flanqueando el lado occidental de la sierra, se desvía hacia la planicie para pasar cerca del pueblo de San Pedro y paralelamente al de la Barrosa, desemboca también en la bahía de La Paz.

El de la Trinchera, nace también en el flanco oriental de la sierra, al Sur del rancho de Calabazas, entre éste y el de San Vicente, recibe en varios puntos de su trayecto los arroyos secundarios procedentes de la de Cacachilas, y del Novillo, que vacían sus aguas en la margen izquierda los que descienden de la primera, y en la derecha, los que bajan de la segunda.

Este arroyo tiene su curso hacia el Occidente y corta a través de las es-

tribaciones finales del Sur de la sierra; forma una caída al pasar entre ellas en el lugar llamado El Salto; corre por un pequeño espacio paralelamente a la falda occidental de la sierra, y desviándose después, desaparece entre los arenales de la planicie.

Existen además, arroyos de menor importancia, como el arroyo Grande, que pronto son absorbidos por las capas de arena permeables que recubren la llanura.

En resumen, las aguas de esta región tienen su salida hacia la bahía, como los arroyos de San Isidro y La Barrosa, o se pierden en el depósito arenoso de la depresión que se extiende al Occidente de la sierra.

Los arroyos que nacen y se han abierto paso a través del conjunto de elevaciones en los alrededores de La Paz, dan origen a pequeños valles que han estado sometidos no solamente a la acción de estas corrientes superficiales, sino que han sufrido también los movimientos de sumersión y emersión de esa zona, pues como se verá al tratar la geología de esta comarca, son patentes las huellas dejadas en ella por el mar. Como ejemplos característicos de esta acción, pueden citarse los restos de antiguas playas, en lugares bastante alejados de los límites del mar, los de moluscos marinos que se encuentran en el valle comprendido entre los cerros del Bledal y El Quiote y los que aún existen en las faunas actuales, en alturas de 80 a 100 metros sobre el nivel del mar.

Algunos de estos arroyos, que con sus acarreos han contribuído al azolve de la bahía después de circular por esta comarca, forman esteros en su desembocadura, al grado, que actualmente el acceso de las embarcaciones al puerto, sólo puede hacerse por un angosto canal que bordea el lado oriental de la bahía.

Por la escasez de las lluvias y la absorción de la mayor parte de las aguas superficiales debido a la extensa capa arenosa que cubre las partes bajas, la región tiene todos los caracteres de los países desérticos, que como es bien sabido, es el aspecto dominante en todo el Territorio de la Baja California.

El agua de la que se sirven sus habitantes, procede principalmente de manantiales más o menos perdurables, así como de pozos practicados a diferentes profundidades.

En estas extensiones arenosas, los principales representantes de la flora, son xerofíticos; las cacteas son los ejemplares dominantes. Entre éstas se distinguen por su gran desarrollo, las que vulgarmente se conocen con los nombres de Cardones, Chollas, Pitayas, etc., etc.; también se encuentran representadas algunas leguminosas como el mezquite, y en general todas aquellas plantas cuya organización les permite soportar largos períodos de sequía, y que dan a la comarca en que se encuentran, tan característico aspecto. La vegetación de otro orden, sólo se encuentra cerca de los manantiales o en los lugares en donde el agua puede proporcionar elementos de vida para el desarrollo de una flora tropical bien definida.

Algunas partes, como la sierra de La Laguna que se levanta más de 2,000 metros sobre el nivel del mar, y en la que el agua es abundante, se encuentran cubiertas a cierta altura de bosques de coníferas y otras plantas características de las tierras templadas.

GEOLOGIA

Sierra del Novillo o Trinchera

Láminas I-II

La sierra del Novillo o Trinchera, de cuya geología se va a tratar, forma parte del sistema montañoso de la sierra llamada de San Lázaro; este conjunto orográfico como se ha hecho notar, es el más prominente y ocupa la mayor extensión en la parte meridional de la península. Por ser las formaciones que le han dado origen las más antiguas, se ha creído conveniente principiar con él este estudio.

Fot. 2.—Estero de Palmira, Bahía de La Paz.

Fot. 3.—Ciudad y bahía de La Paz.

Los primeros reconocimientos se emprendieron por el flanco occidental (lámina I), tomando como base de operaciones, la población de San Pedro—que está situada en los lomeríos bajos que poco a poco se van perdiendo en la planicie occidental o depresión y que tiene aproximadamente unos 200 metros sobre el nivel del mar—se hicieron, siguiendo el camino que se desarrolla sobre el cauce del llamado Arroyo Grande, que conduce al rancho llamado del Novillo y al de Las Tinas. Este arroyo en su principio, presenta escaso interés, pues su curso es poco preciso sobre las arenas de origen granítico que constituyen el terreno; pero se hace interesante a medida que se aproxima a las faldas del macizo, pues corta entre los depósitos que han sido acumulados en los flancos, y que modelados por los agentes exteriores, principalmente por la acción de las aguas, forman la sucesión de lomeríos dispuestos en líneas aproximadamente normales, al macizo, a través de las cuales abre su cauce y deja ver algunos cortes de diferentes espesores, entre los que puede mencionarse el que se encuentra en el paraje llamado Poza de Pancho, a unos 270 metros sobre el nivel del mar y cuyo espesor es aproximadamente de unos 10 metros. Este corte está constituído de capas formadas por granos de cuarzo y feldespato bastante consolidados, encontrándose diseminados en él zonas de pequeños cantos rodados. La inclinación general de dicho corte, es aproximadamente de unos 10° al Oeste.

Continuando a través de estos lomeríos, se llegó a los primeros afloramientos del macizo ígneo, en el cerro llamado el Chuzo a 300 metros sobre el nivel del mar, que no es más que una pequeña estribación que se desprende del macizo principal, en el cual se presenta la roca con los caracteres cuya descripción y estudio microscópico han sido ejecutados por los señores Rodolfo Martínez Quintero e ingeniero Rafael Orozco, miembros del Instituto Geológico de México, a cuyo cargo ha quedado el estudio del material petrográfico, colectado en la región.

El señor Martínez Quintero, refiriéndose a la muestra tomada en ese lugar, la clasifica como una *diorita de pyroxena,* señalando los caracteres macroscópicos siguientes: roca obscura de grano medio que presenta cristales de feldespato y de un elemento ferromagnesiano. Al microscopio designa su textura como hypautomórfica, señalando como constituyentes principales la *andesina,* > *hiperstena,* > *oligoclasa* > *augita;* como minerales accesorios *magnetita* y *topacio* y como secundarios *kaolín* y *serpentina.* La roca en ese lugar está agrietada y rellenada por materiales minerales, habiendo encontrado un crestón cuarcífero cuya dirección es NW. 30° SE. El cuarzo que constituye este crestón es compacto y ferruginoso.

Continuamos nuestros reconocimientos hacia otra pequeña estribación llamada cerro de Las Tinas; en su falda, y hacia la margen izquierda del arroyo Grande, que en esta parte de su trayecto corre entre los acantilados graníticos, se observa un sistema de vetillas, cuyos rumbos dominantes son: NW. 30° SE., con un echado general de unos 20° hacia el NE. El material que las rellena, procede de la desagregación y alteración de la roca encajonante que a su vez ha sido clasificada también por el señor R. Martínez Quintero, como una *diorita pyroxénica* con textura análoga a la anterior y cuyos constituyentes principales son *oligoclasa,* > *hyperstena,* > *andesina,* > *aegirita*—augita? ≥ hornblenda secundaria; accesorios: *magnetita* y *topacios* secundarios: *bastita* y *kaolín.*

Comparando esta roca con la anterior procedente del cerro del Chuzo, vemos que la oligoclasa se encuentra en mayor proporción que la andesina y que entre sus constituyentes secundarios figura la bastita, elementos que faltan en la primera.

A 340 metros sobre el nivel del mar, se encontró otro crestón cuarcífero entre las alturas denominadas cerro de La Cruz y cerro de Las Auras, con una dirección aproximada de NE. 35° SW.

Los reconocimientos se llevaron más al N. de los lugares mencionados, y siguiendo el arroyo de La Palma, que es el nombre con el que en este punto se conoce el de San Isidro, hacia el NE. de San Pedro, se encuentran cortes practicados por este arroyo en los lomeríos formados por el material de des-

agregación procedente del macizo. Están formados por tobas, granos de feldespato y cuarzo en diferentes grados de consolidación, hasta llegar a las primeras estribaciones del macizo en donde aflora francamente la roca, como en el cerro del Saltito. En este punto (270 metros sobre el nivel del mar), el arroyo corre sobre la roca formando un salto y dejando ver en este hermoso paraje, grandes acantilados de más de 20 a 25 metros de altura, en los que se presenta la roca en grandes lajas (planos de junta) aproximadamente de un metro de espesor, con echado general de 33° al NE. y con una dirección NW. 45° SE. El agua que corre entre esta roca, al caer sobre el lecho arenoso del arroyo, se pierde por infiltración a unos cuantos metros de su caída.

Esta roca ha sido clasificada por el señor Martínez Quintero, como una *diorita cuarcífera;* es de color gris, con manchas negras y contiene cristales de feldespato, biotita y cuarzo. Su textura es granular y sus constituyentes principales son: *oligoclasa,* > *hiperstena,* > *biotita,* > *cuarzo,* > *hornblenda verde.* Sus accesorios, *magnetita* y *topacio.* Los constituyentes secundarios, *serpentina* y *kaolín.* Como se ve, el cuarzo aparece formando parte de los elementos principales de la roca, así como la biotita que no se ha presentado en las anteriores localidades; en cambio, la magnetita y el topacio, como constituyentes accesorios, son constantes, así como el kaolín entre los elementos secundarios.

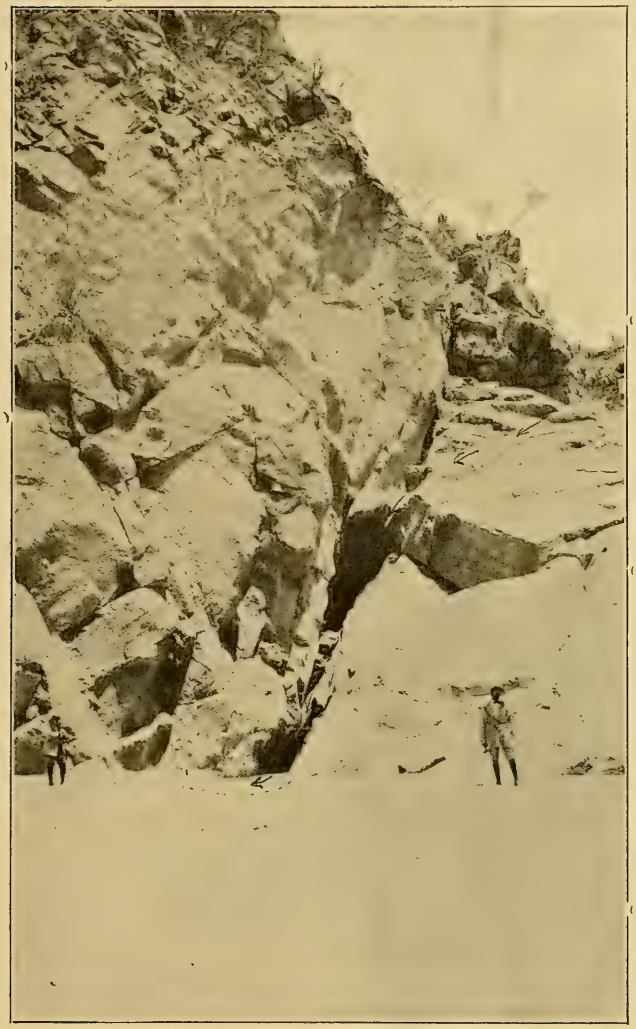
De la margen izquierda del arroyo se ascendió a la pequeña estribación llamada cerro del Saltito, que tiene una altura aproximada de unos 30 metros sobre el nivel del mismo. Sobre esta estribación se encuentra un conjunto de vetillas de cuarzo, con una dirección dominante de NW. a SE., que se pierden bajo el material desagregado que cubre la falda de esta estribación; entre ellas se encontró una de unos 30 centímetros de potencia, en la que pueden distinguirse dos bandas exteriores de cuarzo lechoso en principio de cristalización y una interior formada de cristales de turmalina (chorlo negro.)

Se prosiguieron los reconocimientos hasta el rancho Las Playitas, (380 metros sobre el nivel del mar) a través de los lomeríos del mismo carácter que lo recorrido anteriormente, hasta encontrar de nuevo los primeros afloramientos de la roca constituyente del macizo. En los alrededores del rancho mencionado, se explota para preparar cal, una veta de calcita cuyo crestón se puede seguir en una longitud de unos 100 metros, con una potencia de 5 metros y con un rumbo NW. 42° SE.; su echado es de 50° al NE. Esta veta se prolonga, según pudo comprobarse por el rumbo, hacia el NE. del lugar en donde está situada la calera de Playitas. Está cortada por un sistema paralelo de angostas vetas de cuarzo, que contienen cobre y fierro al estado de sulfuro, pyrita, chacopyrita y carbonato de cobre, malaquita, con óxidos de fierro y limonita. Tienen un rumbo general NE. 15° SW. y un echado al E.

En la falda S. y SE. del cerro de San Isidro, cuya altura es de unos 700 metros sobre el nivel del mar, existen otras vetas; una, que se presenta a la altura de 480 metros, es también de calcita y se explota para extraer la cal; contiene además, algunos minerales como cuarzo cristalizado, cobre al estado de carbonato y fierro como óxido y como sulfuro (pyrita); su rumbo aproximado es N. W. 35° SE. y otra en la misma falda a unos 20 metros más arriba, que parece ser continuación de la anterior y en la que también se explota la cal, con un echado muy irregular; contiene caballos de la roca encajonante que es una diorita cuarcífera, como la observada en el Saltito.

En general puede decirse que en la zona recorrida hasta estos puntos, se presentan dos sistemas de vetas llenando las fracturas cuyas direcciones principales son: NW. a SE. y NE. a SW.

Antes de cambiar el centro de operaciones al rancho de las Playitas, se hizo un reconocimiento hacia el Occidente del pueblo de San Pedro, a través de los lomeríos que por esta parte, son ya de tan suaves pendientes, que acaban por confundirse con la planicie. Están constituídos por toba y cubiertos de arenas muy finas cargadas de mica. Este recorrido se prolongó aproximadamente hasta unos 20 kilómetros de la población de San Pedro, llegando hasta el rancho del Gavilán que está situado en la planicie y a una altura de unos 140 metros sobre el nivel del mar.



Fot. 4.—Arroyo del Saltito, bancos de diorita.

Fot. 5.—Arroyo del Saltito, bancos de diorita y planos de juntas

Fot. 6.—Arroyo de la Cantería, depósitos sedimentarios, terminando en su parte superior por una capa de toba rhyolítica

Fot. 7.—Arroyo de la Cantería, capa de toba sobre el depósito arenoso.

Cambiado ya el centro de operaciones, se continuaron los reconocimientos más hacia el N. de la sierra en la forma siguiente: se hizo un reconocimiento general, partiendo del rancho de las Playitas, hasta el pie de la sierra de Cacachilas, siguiendo por el cauce del arroyo de Matancita (lámina número II) en el que se observaron magníficos cortes, en los que puede apreciarse la zona de contacto de la roca que constituye el macizo del Novillo, con la que forma el de Cacachillas, cuya estructura es marcadamente porfírica y de un color claro rosado, debido a la presencia del feldespato que contiene.

El examen microscópico arroja los datos siguientes: la roca es un *granito* de textura hypautomórfica granular, sus constituyentes principales son: *oligoclasa,* > *ortoclasa,* > *cuarzo,* > *biotita.* Los accesorios son: *apatita, zircon, magnetita* e *ilmenita* y los secundarios: *kaolín, clorita y calcita.*

Ascendiendo después por el conjunto de lomeríos que forman las estribaciones de Cacachilas, que están constituídas por materiales de desagregación, tobas, arenas y grandes blocks desprendidos del macizo principal, y continuando el ascenso hasta pasar por el rancho llamado de Tamales, situado a 600 metros sobre el nivel del mar, se llega al pie del pico más alto de la sierra, llamado de Los Soldados (Los Dos Soldados en el estudio del señor Angermann, obra citada), marcado en los planos con una altura de más de 1,400 metros sobre el nivel del mar, (4,262 pies). Al pie de esta altura corre el arroyo llamado del Puerto, que con el nombre de arroyo de La Barrosa, desemboca en la bahía de La Paz. El punto a que se llegó, dista aproximadamente unos 18 kilómetros del de partida. En este arroyo aflora la roca que se observa tanto en el contacto de las dos rocas en el arroyo de Matancitas, como en los cantos diseminados en los lomeríos, por lo que desde luego quedó comprobado que el tramo montañoso del Novillo, está constituído de un material diferente, es decir, que se trata de dos unidades geológicas en contacto.

Se hizo otro reconocimiento, hasta llegar a las estribaciones de la sierra de Cacachilas, al Oriente, desde el rancho de Matancitas (480 metros sobre el nivel del mar), hasta el rancho de las Dos Palmas (580 metros sobre el nivel del mar) que está situado también entre los lomeríos que ligan las dos sierras.

Entre los cantos rodados que se ven diseminados sobre el terreno, se encuentra uno cuyo volumen es aproximadamente de unos 2,000 metros cúbicos; está ahuecado en su parte baja, y en su hoquedad, se encuentran vestigios de una antigua habitación humana: restos de puntas de flechas construídas de material rhyolítico, osamentas, valvas de moluscos, restos de alfarería, encontrándose también alrededor de este gran block, pequeños cantos en los cuales se observan huellas de haber sido empleados para trituración de granos.

Se expedicionó hacia el NW. del rancho de las Playitas y en el trayecto seguido se encuentra el mismo carácter y constitución de los lomeríos extendidos en el sentido indicado ya, hasta llegar al arroyo llamado de La Cantería, que como hemos dicho, toma más tarde el nombre de La Barrosa y desemboca en la bahía de La Paz.

Los acantilados de uno y otro lado de este arroyo, están formados por material sedimentado, arenoso y conteniendo zonas de cantos rodados de diferentes dimensiones y de naturaleza heterogénea (distinguiéndose su origen granítico y rhyolítico), terminados en su parte superior por una capa de toba bastante consolidada de origen rhyolítico, que tiene inclusiones de fragmentos de pómez, granos de cuarzo y láminas de mica. Todos estos materiales entremezclados, son de origen granítico y rhyolítico, y constituyen los lomeríos que en esta parte, señalan los límites entre las formaciones de los alrededores de La Paz y las que constituyen la comarca granítica hacia el NW. del macizo del Novillo. Continuando el trayecto hacia este último, se llegó al rancho de San Antonio, situado a 660 metros sobre el nivel del mar, cerca del cual aflora en varios puntos un crestón cuarcífero en el que se encontraron los trabajos abandonados de una mina, cuya explotación se hacía por medio de un tiro inclinado, practicado sobre el bajo de la veta. Su rumbo apro-

ximadamente es 45° NW., con un echado hacia el SW. El mineral que en este lugar se explotó, fué cobre al estado de carbonato (malaquita). Se encuentra impregnando la veta cuarcífera.

Limitado el extremo N. de la sierra del Novillo de las demás formaciones, se emprendió el estudio del corte que hace el arroyo llamado de Matancitas y en el cual como se dijo, puede observarse el contacto de la roca que constituye esta sierra, con la que integra la de Cacachilas, (lámina número II.)

El cerro llamado de Matancitas o San Isidro, situado en el extremo N. de la sierra y en cuya falda N. y E. corre el arroyo llamado de *Matancitas* o Mayate, es en donde puede observarse mejor el límite entre los dos materiales que constituyen el macizo de Cacachilas y el del Novillo, así como la sucesión de fenómenos que resultan del metamorfismo dinámico que ha sufrido este tramo de la sierra de San Lázaro en su extremo septentrional.

El arroyo referido se reune en su origen a otros tres de poca importancia, que han abierto su cauce en las estribaciones de la sierra de Cacachilas, mientras que el primero conduce sus aguas entre el material constituyente del Novillo, viniendo a desembocar como se dijo al principio de este estudio, más al S. en el arroyo llamado de San Isidro.

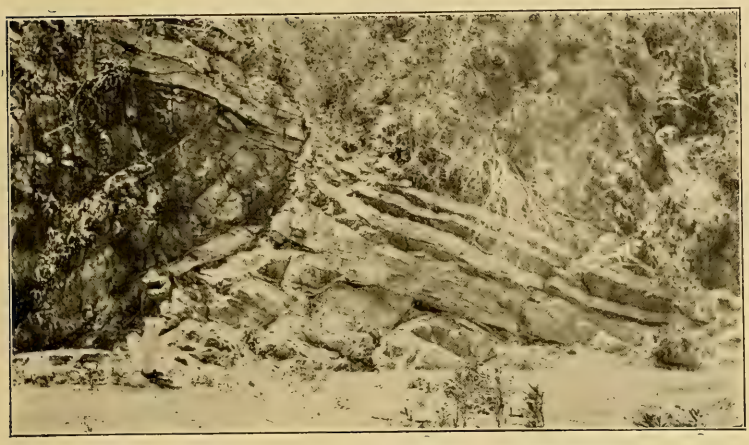
Un poco abajo de la confluencia de estos arroyos, se observa el contacto de las dos rocas, a una y a otra margen del arroyo de Matancitas: el granito de Cacachilas de color claro rosado, a cuya determinación microscópica se hizo alusión ya, y la roca obscura del Novillo, cuyos caracteres y modificaciones se irán tratando a continuación.

El primero se encuentra muy fracturado y alterado, atravesado en todos sentidos por vetas intrusivas de un material en que predomina el feldespato ortoclasa, después el cuarzo y una pequeña proporción de mica, ha sido clasificada como *pegmatita;* determinación que ratificó el señor ingeniero Rafael Orozco, al hacer el estudio microscópico. Sus caracteres son los siguientes: textura hipautomórfica granular. Constituyentes: *ortoclasa,* > *cuarzo.* Elemento accesorio: *magnetita.* Secundarios: *kaolín* y *sericita.*

Estas vetas se cortan en todos sentidos y su potencia es de algunos centímetros. El granito que las contiene, se encuentra bastante alterado y se disgrega con facilidad. Un poco más adelante, aguas abajo, se empieza a notar el cambio de aspecto en la roca, que toma la coloración obscura característica de la sierra del Novillo. En esta parte que es la zona de contacto de los dos materiales, se encuentra también bastante alterada y fracturada. En este lugar brotan dos manantiales que producen bastante agua.

La acción del dinamometamorfismo, se presenta a uno y otro lado del arroyo en todas sus fases, estando la roca fracturada y atravesada por numerosas vetas intrusivas de diferentes potencias; por ejemplo, en el lugar llamado calera de Matancitas, aflora una de estas vetas atravesando el arroyo, cuyo cauce ha cortado parte de dicha veta; tiene un echado de 50° al W., y una dirección NE. 10° SW.; su potencia es de 2 metros 15 centímetros. Su naturaleza es análoga a la de las vetillas mencionadas en la roca granítica de Cacachilas cerca del contacto de la del Novillo, así es que los elementos feldespáticos y el cuarzo, se encuentran muy desarrollados, principalmente el primero tanto en el alto como en el bajo de la veta; mientras que, en la parte media, los elementos disminuyen en tamaño hasta hacerse en este punto olocristalinos. La mica se encuentra presente también, pero muy diseminada en toda la masa. El estudio al microscopio hecho por el señor Rafael Orozco, da los caracteres siguientes: textura hipautomórfica granular. Constituyentes principales: *oligoclasa* ≧ *cuarzo,* > *biotita.* Elementos accesorios: *apatita, zirconio, magnetita.* Como secundarios *kaolín* y *óxido de fierro,* siendo determinado como un granito de biotita. La veta presenta caracteres más básicos en su medio que en su bajo y alto, en que presenta los caracteres de una pegmatita. La roca encajonante presenta macroscópicamente los caracteres también de una diorita cuarcífera, (tonalita) pero observándose entre todos sus elementos una orientación debida a la acción dinámica, por lo que tiene además los caracteres de un gneiss. El señor Rafael Orozco, encuentra los caracteres siguientes: textura hipautomórfica granular. Elemen-

Fot. 8.—Margen izquierda del arroyo de Matancitas, afloramiento de una veta de pegmatita.



Fot. 9.—Falla inversa, arroyo de Matancitas, margen izquierda.

Fot. 10.—Veta fallada, arroyo de San Isidro.

tos constituyentes principales: *andesina* ($\measuredangle$ 21°) > *biotita* >> *cuarzo.* de la sierra y del que ya se trató en los primeros recorridos.
Como elementos accesorios: *magnetita, zirconio, titanio.* Secundarios: *clorita* y *óxido de fierro.*

Continuando el reconocimiento en el arroyo, se sigue observando la acción bastante acentuada, del metamorfismo dinámico; la roca se encuentra muy fracturada y muchas de sus fracturas rellenadas por el material intrusivo ya mencionado. Así por ejemplo a 45 metros de la veta citada, hacia la margen izquierda del arroyo, se observa otro conjunto de vetillas del mismo tipo que las anteriores, con un echado general de unos 20° al S., y después a unos 50 metros de los restos de una presa que está marcada en el cróquis número II, empieza a notarse aún más profundamente el trastorno sufrido por esta roca, en la que se observa que las vetas intrusivas del mismo carácter que las anteriores, se presentan en una posición próxima a la vertical, pues su echado es de 75° al S. y un poco más adelante toman francamente esta posición. Su rumbo es de NE. 30° SW. Aquí la roca presenta la forma esquistosa y su determinación al microscopio por el señor Martínez Quintero, ha hecho que se le designe con el nombre de una *diorita esquistosa* cuyos caracteres son: textura granular; constituyentes principales: *hornblenda,* > *augita,* > *oligoclasa,* > *andesina;* entre los accesorios, la *apatita;* y como secundarios, la *serpentina.* Como se ve no es más que la misma roca constituyente del macizo, modificada por los efectos dinámicos de la compresión. La disposición en que aquí se encuentran los planos de laminación de esta roca son verticales; pero en otro lugar, se doblan lo mismo que se observa en algunas de las vetas intrusivas, confirmando la idea de que son el resultado de la acción dinámica que se ha operado, después de llenadas las fracturas de la roca encajonante, por el material intrusivo. Estas vetillas intrusivas siguen presentándose a uno y a otro lado del arroyo, en intervalos aproximados de 4 a 10 metros y con un echado general de unos 30° al S.

Después se encuentra una veta de cuarzo en disposición muy irregular y otra que contiene minerales de metamorfismo, como granates incompletamente cristalizados y epidota o pistachita; estos afloramientos se observan hacia la margen izquierda del arroyo.

En cuanto a la roca, las manifestaciones de metamorfismo continúan presentándose bajo la forma esquistosa, como ya se hizo notar en otros puntos del mismo arroyo. Entre los fenómenos de fracturamiento mejor marcados pueden citarse, como a unos 50 metros del punto en donde se encuentran los minerales de metamorfismo, un sistema de vetas intrusivas de la misma naturaleza de las que ya se ha hecho mención. Este sistema está formado de cuatro, que afloran en la margen izquierda del arroyo, estando afalladas y con una dirección de NW. 18° SE.; y con un echado de unos 20° al SW. aproximadamente. La falla es inversa, con un salto de 2 metros 70 centímetros y teniendo una amplitud de 1.^{m}80, su echado es de 65° al SE., y su dirección de NE. 21° SW.

Las cuatro vetas tienen la potencia siguiente, la mayor que es la más baja 1.^{m}09, la siguiente, 0.^{m}40, la tercera, 0.^{m}20 y la cuarta, 0.^{m}30.

La roca encajonante es un esquisto. Se encuntra algo plegado y sus caracteres microscópicos son los enunciados ya.

Después de esta falla continúan repitiéndose los fenómenos de metamorfismo dinámico en todo el resto del arroyo, así como la presencia de vetas intrusivas pegmatíticas, con diferentes grados de potencia y presentando también las manifestaciones dinámicas posteriores, como el sistema de vetillas onduladas que se encuentra a unos 150 metros de la falla antes descrita, que tienen un echado general hacia el SW. y como máximum de potencia, unos 20 centímetros.

Finalmente, en la parte en donde el arroyo se bifurca, para volver más tarde a reunirse, la alteración de la roca es más marcada en unas partes que en otras; pero se encuentra bastante fracturada, teniendo sus planos de fractura una dirección general de NW. a SE. y un echado al NE.; en una de estas fracturas hacia la margen izquierda del arroyo brota un manantial.

En resumen, toda la zona cortada por este arroyo, permite ver tanto en una margen como en otra, las manifestaciones de un intenso metamorfismo dinámico; pues ya se ha dicho que la roca se presenta en sus afloramientos, desde la forma de gneiss, hasta la de equisto, estando muy fracturada y afallada, al mismo tiempo que atravesadas muchas de sus fracturas por numerosas vetas intrusivas constituídas principalmente de feldespato y cuarzo, con una potencia variable desde algunos centímetros hasta más de 2 metros. Después de haberse verificado la inyección de estas vetas, la acción dinámica no quedó terminada, pues se hallan fracturadas y onduladas. Esta idea se confirma con la presencia de minerales de metamorfismo tales como los granates, la epidota o pistachita y el cuarzo.

Existen además en los minerales enunciados, vetas de caliza, como por ejemplo, una situada cerca del lugar llamado calera de Matancitas, hacia la margen derecha del arroyo, y que se explota para extraer la cal. Este material, está bien cristalizado en algunos puntos de la veta, encontrándose también algunos minerales de cobre y fierro al estado de sulfuros y sulfo-arseniuros, así como óxido de fierro. El afloramiento de este crestón calizo es muy irregular, hallándose muy entremezclado con el material de la roca encajonante, sólo aproximadamente se pudo determinar su echado, que es de unos 50° al NW., y su dirección de NE. a SW., que corresponde a una de las dos direcciones generales seguidas por las demás vetas y fracturas.

Terminado el estudio en este arroyo, se hizo un recorrido hacia el de San Isidro, a su paso por la falda S. del cerro del mismo nombre, y la del cerro de la Cercada. En esta parte del arroyo, se observa en la roca el mismo aspecto que en el de Matancitas, encontrándose las mismas vetas intrusivas pegmatíticas en las que sigue predominando el feldespato ortoclasa, entre las cuales se presenta una muy fallada y con una potencia de unos 75 centímetros, que contiene en su masa pequeños puntos mineralizados de óxido de fierro (hematita), que en un principio se tomaron como sulfuros argentíferos, pero que tanto en esta veta como en las anteriores, se comprobó que no se trata más que de este mismo mineral de fierro. Los caracteres de esta veta intrusiva difieren un poco de los que presentan las otras vetas mencionadas, pues sus elementos constituyentes, cuarzo y feldespato, son más finos que en las anteriores; el material de esta veta intrusiva ha sido clasificado por el señor Orozco como un *granito,* cuyos caracteres macroscópicos son los siguientes: roca de color claro en la que se distinguen cristales de feldespato, cuarzo y elementos ferromagnesianos, estos últimos tendiendo a colocarse en bandas paralelas *como en los gneiss.* Al microscopio tiene los caracteres siguientes: textura hipautomórfica granular. Sus elementos constituyentes son: *ortoclasa,* $\geq$ *cuarzo,* $>$ *biotita.* Accesorios: *magnetita, zircón, apatita, mica blanca.* Secundarios: *kaolín* y *óxido de fierro.*

Los caracteres generales de la roca encajonante, son los mismos que se observaron en los cortes que ha efectuado el arroyo de Matancitas.

El cerro llamado de la Cercada cuya altura es de 780 metros sobre el nivel del mar, a cuya falda pasa el arroyo de San Isidro, presenta en su parte alta los signos de metamorfismos menos marcados, conteniendo también crestones de vetas cuarcíferas en las que se observa la presencia del cobre al estado de carbonato.

Continuando el reconocimiento hacia el flanco oriental de la sierra, y siguiendo el arroyo de San Isidro hacia su nacimiento un poco al S. del rancho llamado de Calabazas, situado a 480 metros sobre el nivel del mar, se observa en la roca, los mismos caracteres generales que se han mencionado. Más al S. del rancho de Calabazas, nace el arroyo llamado de la Trinchera; sigue su curso entre las formaciones del Novillo y las del granito que constituye las estribaciones de Cacachilas que continúan por el lado oriental de la sierra del Novillo, y se extienden hasta la costa del Golfo de California. Durante el trayecto pasa por el contacto de las dos formaciones, como se observa entre los ranchos de Calabazas y San Vicente (500 metros sobre el nivel del mar) y entre el de las Verdes (480 metros) y el rancho de Trinchera (440 metros) y siguiendo por el poblado de San Blas, tuerce hacia el Occidente y corta entre las últimas estribaciones del S. de la sierra del Novillo.

En toda esta extensión se puede ver el granito claro de estructura porfírica de Cacachilas, aflorando en la margen izquierda del arroyo y hacia la margen derecha la roca diorítica obscura del Novillo.

Las sucesivas inflexiones del arroyo a través de una y otra formación, permiten limitar por este lado la roca que constituye la sierra, objeto de nuestro estudio, destacándose con toda precisión la individualidad petrográfica de las dos formaciones en contacto.

Estos reconocimientos sirvieron para limitar la formación del Novillo por el lado oriental, habiéndose cambiado el centro de operaciones del rancho de Playitas al de Trinchera, para continuar las investigaciones en este mismo lado.

Ya desde el arroyo de San Isidro hacia el S. a partir del lugar en donde se encuentra la veta fracturada que se describió y que se ilustra en la fotografía número 10, se empieza a notar macroscópicamente en varios lugares un empobrecimiento de mica muy marcado, fenómeno que se siguió observando a partir de este punto en todo el arroyo, hasta llegar a su nacimiento, observándose que la mica se presenta en mayor proporción en la roca que está inmediata a las vetas intrusivas, vuelve a desaparecer a medida que se aleja de estos puntos. Pasando el arroyo de Trinchera, se presenta el mismo fenómeno, notándose además, que en los diferentes afloramientos, el aspecto de la roca cambia un poco; se vuelve más obscura, sus elementos son más finos y se asemejan más sus caracteres a los observados en la roca que aflora en el cerro del Chuzo en el flanco occidental de la Sierra y del que ya se trató en los primeros recorridos.

El arroyo de Trinchera que en general tiene su lecho en el contacto de las dos formaciones, algunas veces se desvía y corre sobre una o sobre la otra. Estas formaciones se distinguen muy bien; la de Cacachilas en algunos puntos, penetra bastante a la del Novillo, como se observa un poco al N. del rancho de La Trinchera, entre éste y el llamado de los Verdes, notándose que en estos puntos de contacto, la roca del Novillo está bastante alterada.

Entre las diferentes ascensiones que se hicieron de este lado de la sierra, puede mencionarse la que se hizo al cerro del Burrito, a unos 580 metros sobre el nivel del mar, en cuya falda está situado el rancho de Trinchera; dicha elevación es como otra de su género, que se extiende en esta parte aproximadamente al mismo nivel del flanco oriental del eje montañoso. Se observa en estos montículos, que la roca que está en contacto con la que forma las estribaciones de Cacachilas, y penetra a la del Novillo, se encuentra bastante fracturada y metamorfizada, estando rellenadas sus fracturas por vetillas de cuarzo y feldespato, disminuyendo la alteración de la roca en sus partes superiores en donde se manifiesta con caracteres de más normalidad, presentando el mismo tipo de roca diorítica que se ha observado en el cerro del Chuzo.

Se hizo otra ascención al cerro Prieto ya en el macizo, cuya elevación es de unos 1,000 metros sobre el nivel del mar; esta altura se considera como la mayor en la sierra.

La roca constituyente es igualmente diorítica, de color obscuro y de grano fino; sus caracteres al microscopio son los siguientes: textura xenomórfica. Sus elementos principales son: *oligoclasa* > *andesina* > *hiperstena*, conteniendo algo de *micro-pegmatita;* los accesorios son: *magnetita* y *topacio* (?); entre los secundarios se encuentra la *limonita*. Esta roca presenta bastantes analogías como la anterior con la del cerro del Chuzo, pues contiene entre los constituyentes principales, según la determinación microscópica, los mismos elementos, andesina, hyperstena y oligoclasa, diferenciándose en un cuarto elemento, pues la roca en cerro Prieto acusa algo del *micro-pegmatita* que no se encontró en la del Chuzo, habiéndose señalado en esta última además, la augita no mencionada en el primero; los elementos secundarios magnetita y topacio, se encuentran los dos, aunque dudoso el segundo, en la roca de cerro Prieto. Exteriormente las dos rocas tienen el mismo aspecto, presentando un grano más fino la de este último.

En la parte alta del macizo se observan numerosos apófisis en los que se marcan muy bien los planos de junta; tanto estos apófisis como los montículos que se encuentran a los lados sobre los flancos del eje montañoso, son probablemente formas debidas a los efectos de erosión.

Extendiendo los reconocimientos a lo largo del arroyo de Trinchera con objeto de seguir observando las sucesivas modificaciones de las rocas en el resto de la sierra, se hicieron varias excursiones, partiendo del rancho de la Trinchera a diferentes lugares situados al S. de éste y sobre el arroyo del mismo nombre, hasta llegar al conjunto de alturas que forman las últimas estribaciones australes de la sierra a través de las cuales, como se ha hecho notar ya, se abre paso el arroyo mencionado.

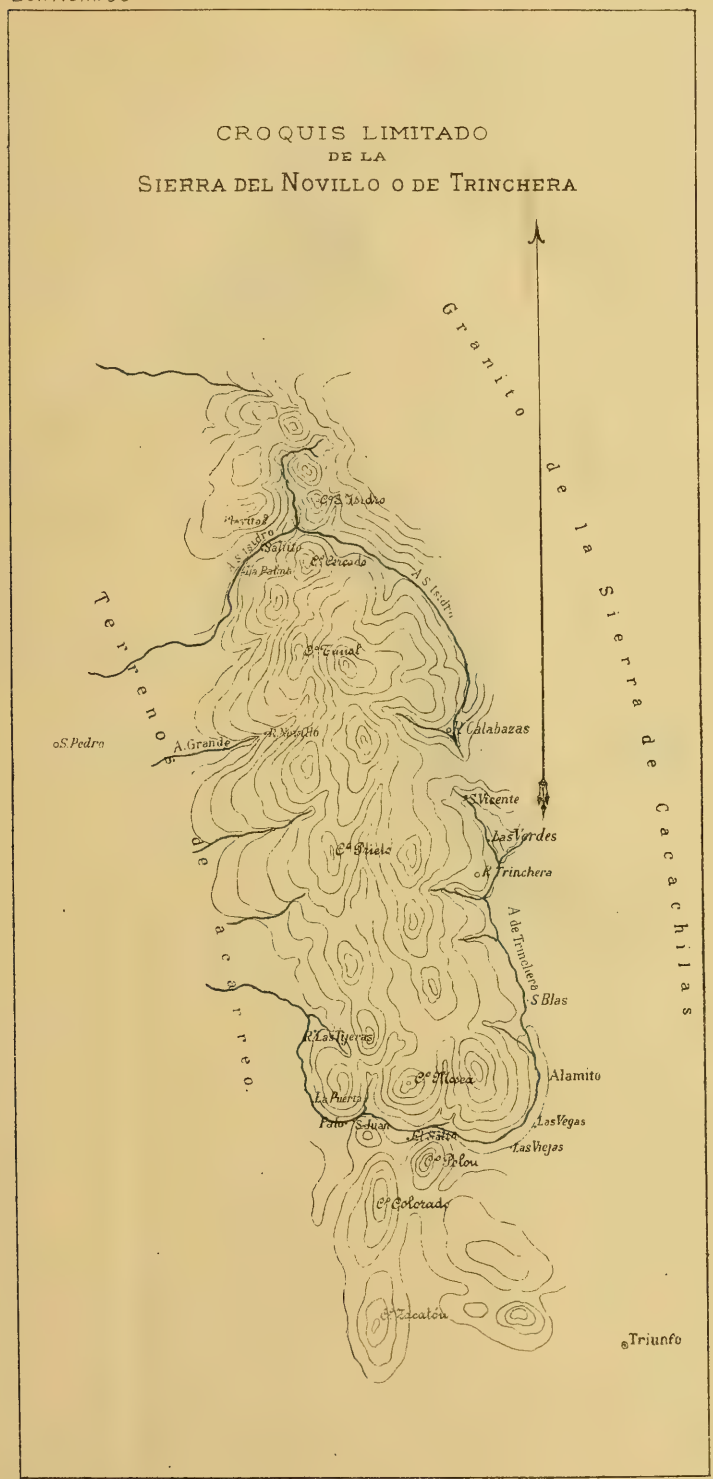
La roca que aflora entre los lugares señalados en la lámina número I, el Alamito, situado ya muy cerca del lugar en donde el arroyo de Trinchera tuerce su cauce hacia el Occidente, se encuentra fracturada y metamorfizada observándose cierta orientación o exfoliación en sus elementos.

La muestra tomada en este punto, ha sido clasificada como una *diorita cuarcífera;* su textura es granular; sus constituyentes principales son: *andesina,* > *hornblenda verde,* > *cuarzo,* > *biotita;* como accesorios se presentan la *magnetita,* y entre los secundarios, la *clorita* y el *kaolín.* Encuéntrase también, como se ha visto en toda la formación, vetas intrusivas constituídas de feldespato y cuarzo. Vuelve a notarse empobrecimiento en la mica en la roca, para presentarse en otros lugares como se revela en otra muestra tomada más adelante en el lugar llamado Las Vegas, una pequeña eminencia situada sobre la margen izquierda del arroyo y que ha sido clasificada también como una diorita cuarcífera. El análisis microscópico revela en esta roca, los caracteres siguientes: su textura es granular; sus constituyentes principales son: *andesina,* > *oligoclasa,* > *hyperstema,* > *biotita,* > *cuarzo y augita;* entre sus accesorios se encuentran *magnetita, apatita* y *rutilo;* los secundarios, *leucoxena* y *serpentina.* Siguen observándose todos los caracteres de fracturamiento y metamorfismo en toda esta extensión, con sus correspondientes vetas intrusivas de mayor o menor potencia, hasta llegar al lugar adonde ya el arroyo corta entre las estribaciones finales de la sierra entre las cuales forma una caída de agua de algunos metros de altura, en el lugar denominado El Salto. En este lugar se empiezan a observar fenómenos de concentración muy marcados en los elementos ferro-magnesianos. La muestra tomada en este lugar, y observada al microscopio ha sido clasificada por el señor Martínez Quintero, como una anfibolita cercana de la hornblendita. Sus caracteres macroscópicos son: roca obscura con grandes cristales de feldespato y de elementos ferromagnesianos; al microscopio sus caracteres son los siguientes: textura hipautomórfica; constituyentes principales: *labradorita* (∢ 32°) > *hornblenda,* > *andesina,* >> *biotita;* los secundarios: *mica blanca* y *kaolín.*

Ya cerca del rancho llamado El Palo San Juan, 380 metros sobre el nivel del mar, las concentraciones de minerales ferro-magnesianos aumentan aflorando en varios puntos, grandes acumulaciones, formadas de cristales perteneciente al grupo pyroxena muy desarrollado, de un color negro verdoso y parece que se trata de augita u hornblenda.

Más adelante, en el rancho de Las Tijeras, situado en las márgenes del mismo arroyo, y ya en las estribaciones occidentales de la sierra, vuelve a presentarse la roca diorítica con los mismos caracteres observados en las localidades situadas en el flanco oriental y sureste de la sierra, cerro del Burrito, cerro Prieto y Las Vegas, llegando por fin al rancho del Novillo, lugar en que se dió principio con las primeras exploraciones. Las arenas acarreadas por los pequeños arroyos secundarios que desembocan en el de Trinchera, son auríferas y este metal, en pequeñas cantidades, es extraído por los habitantes del lugar, principalmente por mujeres.

Para terminar se hicieron algunos recorridos entre los montículos que se encuentran al Sureste y Sur de la sierra. En todas estas pequeñas elevaciones se observa la roca bastante alterada como en el resto del macizo por la acción del metamorfismo dinámico (gneiss y esquistos.) Los montículos que se dirigen hacia el Sureste están constituídos por una roca clara que parece corresponder más bien a las formaciones del Triunfo; los que se dirigen hacia el Sur de la misma sierra, como el cerro Colorado, el cerro Pelón y el del Zacatón, no son más que las últimas estribaciones de ella, y en los que como en la falda


CROQUIS LIMITADO
DE LA
SIERRA DEL NOVILLO O DE TRINCHERA
Granito de la Sierra de Cacachilas
Terreno de acarreo.
S. Pedro
A. Grande
A. Novillo
Calabazas
S. Vicente
Las Cordes
Trinchera
A. de Trinchera
S. Blas
Alamito
Las Vegas
Las Viejas
Triunfo

CROQUIS GEOLOGICO
de la zona cortada por el
ARROYO DE MATANCITAS
N
Calera de Matancitas
R. Matancitas
Falla
Planos de fracturamiento
Diorita del Novillo
Granito de Cacachila alterado
Roca esquistosa del Novillo
Minerales de metamorfismo
Vetas
Vetillas

de los cerros Colorado y Zacatón, se observan en varios lugares, zonas de concentración de minerales ferro-magnesianos, como los que se encontraron en las cercanías del rancho de Palo San Juan.

En resumen, la sierra llamada de El Novillo o Trinchera, conocida también con el nombre de San Pedro, es un macizo diorítico como lo revela el estudio del material colectado durante las diferentes exploraciones, habiéndose también podido limitar dicha sierra, de las formaciones circundantes, principalmente de la de Cacachilas y sus estribaciones, cuyo contacto se verifica por el N. NE. y SE. de la sierra.

El macizo diorítico después de sufrir los fenómenos subsecuentes al enfriamiento (contracción y fracturamiento), fué atravesando en muchos puntos por numerosas vetas intrusivas. Estas intrusiones de pegmatita y granito, han atravesado tanto al macizo diorítico del Novillo, como al material granítico de la sierra de Cacachilas (1) cuya acción sobre el macizo diorítico se ha observado en el extremo N. de la sierra, en el corte efectuado por el arroyo de Matancita, que, como se hizo notar, además del contacto de los materiales constituyentes de ambas sierras, se han podido seguir las modificaciones sufridas por la roca diorítica debidas al metamorfismo dinámico (gneiss, esquistos y minerales de metamorfismo) ya mencionados.

Las vetas después de haber sido inyectadas a través de la roca, han sufrido la influencia de presiones posteriores ejercidas sobre el macizo diorítico, dando lugar a la formación de fallas y ondulaciones en dichas vetas.

HISTORIA

Respecto a la edad de este macizo diorítico, muy poco puede decirse pues en los reconocimientos emprendidos para hacer el estudio de la sierra, no se encontraron restos de sedimentos y por tanto, se carece de fósiles con los que se pudiera relacionar la época en que apareció la roca ígnea de que nos hemos venido ocupando.

Lo que pudo comprobarse, es que la sierra del Novillo y la de Cacachilas, son de naturaleza diferente; la primera, está constituída como se ha visto, por material diorítico en toda su extensión, estando éste más o menos alterado por los efectos del diamometamorfismo y la segunda, de granito rosado (cuyo análisis microscópico, se ha mostrado ya en otro lugar de este estudio) a través del cual el macizo diorítico pudo abrirse paso, formándose en este caso las vetas de granito y pegmatita por inyecciones posteriores, flexionándose y fracturándose después por acciones dinámicas posteriores también.

En general, se han considerado como atecretácicas (2) las formaciones graníticas que se encuentran a lo largo de la península de Baja California.

El macizo del Novillo y todo el conjunto montañoso que se designa con el nombre de sierra de San Lázaro, ha sufrido con toda la parte meridional de la península, los efectos del ascenso y descenso del mar, como se comprueba por la presencia de restos de playas y moluscos marinos a alturas de 600 metros sobre el nivel del mar, en la sierra de Cacachilas. (3)

Más pruebas de estos levantamientos, han sido observadas en las diferentes excursiones que se llevaron a efecto para estudiar la formación rhyolítica cercana a La Paz y de las que se tratará en su oportunidad.

SIERRA DE LA LAGUNA

Respecto a esta sierra muy poco puede decirse; ocupa una gran extensión y el tiempo que permanecimos fué insignificante; así es que apenas puede darse una idea ligerísima de esa región, que cuenta con alturas de más de 2,000

(1) Según las observaciones del Sr. V. Gálvez en sus últimas exploraciones en esa sierra.

(2) Bol. del Inst. Geol. de Méx. Núms. IV, V y VI. Bosquejo Geológico de México. Tercera parte. Rocas Eruptivas. por Ezequiel Ordóñez.–1896. Pág. 254.

(3) Fisiografía y Geología, etc., por el Dr. Angermann, obra ya citada, pág. 37.

metros sobre el nivel del mar; es muy escabrosa y se encuentra cubierta de bosques, que le dan el aspecto de nuestras sierras de la Mesa Central.

Su constitución es granítica, presentando en muchos lugares las manifestaciones del dinamometamorfismo, que se observan hasta en las partes más culminantes, como el Picacho y La Aguja.

Al pie de las estribaciones occidentales de la sierra, está situada la población de Todos Santos, en la desembocadura de una cañada, en la que de una manera imperfecta se utilizan las aguas de algunos manantiales para el cultivo de la caña de azúcar.

ISLA DE CERRALVO

En esta isla situada frente a la bahía de La Ventana, en el Golfo de California, sólo se permaneció unas dos horas a lo sumo, por lo que únicamente se puede dar como hemos dicho, una idea muy ligera de las formaciones existentes en sus costas occidentales.

En esta parte de la isla, la roca predominante es ígnea; de ella se tomaron algunas muestras que el señor Martínez Quintero clasificó como grano-dioritas. Al microscopio encontró los caracteres siguientes: textura granular, en parte, y equigranular, fenocristales de *andesina, hornblenda, cuarzo* y *ortoclasa.* Sus constituyentes secundarios: *kaolín* y *leucoxena.* La grano-diorita ha sido cortada por la roca intrusiva clasificada como diabasofiro, cuyos caracteres son: textura porfirítica, siendo sus constituyentes principales, *labradorita* y *hornblenda basáltica,* teniendo como secundarios *magnetita* y *apatita.* La masa contiene *labrador, clorita* y *hornblenda verde.* Los elementos secundarios son: *pistacita* y *kaolín.* Existen también como manifestaciones de los efectos dinamometamórficos, *esquistos micáceos.*

Las rocas sedimentarias se encuentran representadas por una capa de arenisca fosilífera, conteniendo fósiles marinos, restos de equinodermos, ostreas y principalmente restos de *pecten.* La capa se encuentra plegada y seguramente corresponde a las últimas etapas del terciario (Plioceno.) Sobre esta capa reposa otra de conglomerado granítico. Estos depósitos son de litoral, formados en un valle sumergido, que son tan comunes en los litorales de la península. Dichos depósitos comprendidos entre macizos graníticos, son manifestaciones de levantamientos recientes; estas capas tienen un echado general de 25° al SE. y una dirección de NE. a SW.; además se observan fuertes acantilados, aproximadamente de unos 80 metros; las fajas litorales son muy estrechas y el fondo del mar próximo a la costa, es relativamente profundo.

COMARCA RHYOLITICA EN LOS ALREDEDORES DE LA PAZ

La comarca rhyolítica ocupa una corta extensión si se compara con la que representa el sistema montañoso designado con el nombre de sierra de San Lázaro, de la que se ha tratado en la primera parte de este estudio.

Esta formación está representada por un conjunto de alturas más ó menos separadas y diseminadas en una faja de poca anchura, que se extiende hacia el N., NE., E., SE. y S. de La Paz, y se prolonga hasta la isla del Espíritu Santo—separada de la península por el Canal de San Lorenzo—y en la que se sigue presentando la misma roca efusiva.

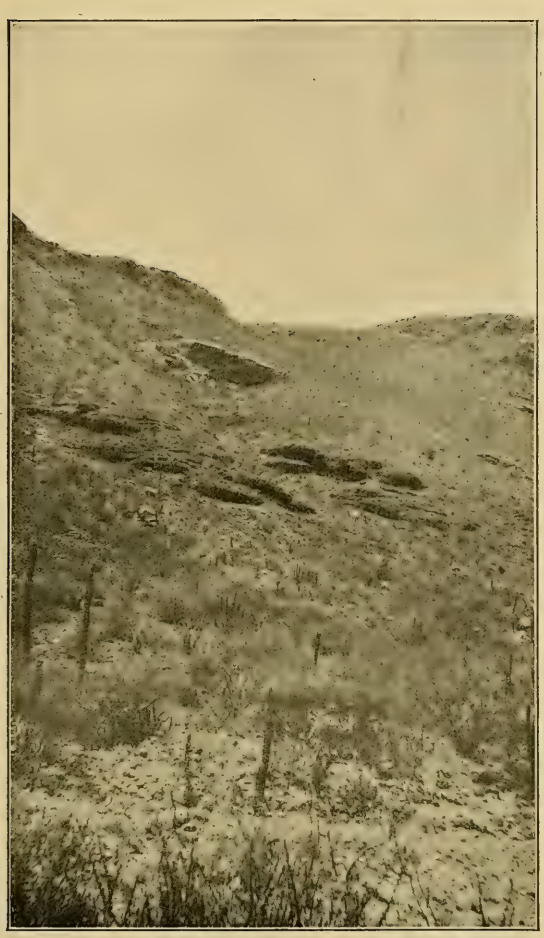
La angosta faja queda limitada al N. por las aguas del Golfo de California—teniendo en cuenta su prolongación en la isla del Espíritu Santo—; al S., se detiene un poco antes de llegar al poblado de San Pedro, situado en el camino que une la ciudad de La Paz con la población y Mineral de El Triunfo; por el W., una parte de la formación, está limitada por la bahía de La Paz, continuándose después esta limitación tierra adentro, lo mismo que por el lado SW., por la planicie en que se encuentra trazado el camino real a El Triunfo, de que ya se habló antes; al NE. y E., por la planicie

Fot. 11.—Región al Oeste de la sierra de Cacachilas.

Fot. 12.—Cerro de La Calavera.

Fot. 13.—Depósitos en el cerro de La Calavera, a los 30 y 40 metros sobre el nivel del mar.

Fot. 14.—Oquedades en el cerro de La Calavera, con restos de fauna marina.



Fot. 15.—Oquedades en el cerro de La Calavera, con restos de fauna marina.

Fot. 16.—Afloramientos de rhyolita, en el cerro de La Calavera.

Fot.17.—Cerro del Coyote.

comprendida entre esta región y los macizos graníticos y sus estribaciones (estribaciones de la sierra de Cacachila); y al S. y SE., por la sierra del Novillo, a la cual se liga por medio de lomeríos. Al E., está limitada por la planicie relativamente poco accidentada que se va elevando gradualmente hacia los flancos occidentales de la sierra de Cacachila (Fot. núm. 11), esta planicie se va angostando hasta llegar a la parte S. de dicha formación rhyolítica, la que se enlaza por un conjunto de lomeríos con los macizos graníticos (sierra del Novillo). Puede decirse que esta angosta faja y los materiales que de ella se derivan, sigue una dirección bastante aproximada de N. a S.

Desgraciadamente, no se contó con ningún plano topográfico de la región, que en este caso hubiera sido muy útil para nuestras investigaciones; los datos aproximados que se pudieron tomar por medio de la brújula, mientras se hacían los recorridos, no son suficientes, por lo que no es posible acompañar este estudio con un croquis siquiera aproximado, como pudo hacerse con el de la sierra del Novillo.

Puede decirse que la comarca rhyolítica en la parte de la península recorrida por nosotros, queda comprendida en las formaciones pertenecientes al Terciario, como el doctor Angermann en la mascarilla de la Lám. V, que acompaña a su estudio "Fisiografía, Geología e Hidrología de los alrededores de La Paz," (1) la considera; sólo hay que agregar que esta formación se prolonga hasta la isla del Espíritu Santo, separada de la península por el Canal de San Lázaro.

Después de lo expuesto, daremos principio con los reconocimientos emprendidos en la parte de esta comarca, situada al N. de La Paz. Entre éstos, podemos mencionar los itinerarios seguidos por la playa hacia la falda S. del cerro de La Calavera (Fots. núms. 12 y 13), que se hicieron atravesando el estero llamado de Palmira, que, como todos los que desembocan en la bahía, se encuentra azolvado y muestra con bastante claridad los caracteres observados por investigadores anteriores, respecto al levantamiento de los litorales en la península.

Un poco más al N., y en este mismo litoral, existen algunos valles sumergidos, como el de Pichilingue. (1)

Las faldas de las pequeñas colinas, entre las que se ha formado el estero de Palmira, se encuentran cubiertas por conglomerado y gravas, que caracterizan los depósitos litorales. Ascendiendo sobre la falda del cerro de La Calavera, después de pasar el nivel de los mencionados depósitos y como a unos 30 metros, se presenta una brecha formada principalmente por pómez y fragmentos de rhyolita de color negro y rojo, incluídos en una toba de grano bastante fino, atestiguando haber sido depositados en el agua, pues se encuentran estratificados. En estos depósitos se observan numerosas oquedades, formadas por la acción de las aguas, y en el piso de éstas, que llegan a encontrarse a alturas comprendidas entre 30 y 40 metros sobre el nivel del mar (Fots. núms. 14, 15 y 16), numerosos restos de corales y moluscos marinos que se encuentran todavía en la fauna marina actual.

Los géneros que citamos a continuación son: algunos, *Spondylus Lin.*, *Pecten Klein.*, *Meleagrina Lam. (Margaritifera, Megerle)*, *Arca Lin.*, *Pectunculus, Lam.*, *Chama, Lin. Venus, Lin.*, *Turbo, Lin.*, *Trochus, Lin.*, *Strombus, Lin.*, etc.,

Sobre el material en que se encuentran las oquedades o cuevas marinas, aflora la corriente rhyolítica, presentando aspecto fluidal y un color obscuro y conteniendo en su masa cristales de cuarzo.

El señor Martínez Quintero, que hizo el estudio microscópico de las muestras tomadas por nosotros en la región, encontró en la correspondiente a este lugar los caracteres siguientes: textura vítrea, fenocristales de *oligoclasa y albita*, teniendo como elemento secundario la *magnetita* y siendo la masa un vidrio en vía de vitrificación, conteniendo *augita*. Entre los

(1) Parergones del Instituto Geológico. Tomo I. Núm. 11, 1904.

elementos secundarios, se encontró *kaolín,* existiendo, además, venas de *limonita.*

Los acantilados formados por la corriente en esta parte de su aforamiento, tienen una dirección general N. 45° E., con un echado al NW. Después de ascender unos 40 metros, ya sobre la corriente, ésta presenta un aspecto bandeado con una dirección N. 70° W. y un echado al W.; su color es más obscuro que el que presenta en sus primeros afloramientos. Al microscopio, otra muestra tomada en este lugar, presenta una textura vítrea y contiene fenocristales de *ortoclasa* > *albita,* la masa es vítrea y está devitrificándose parcialmente; sus elementos secundarios son *limonita y hematita* (?) La altura de este cerro es de unos 260 metros sobre el nivel del mar.

Por su flanco SE. el cerro de La Calavera se liga al de San Juan por una sucesión de lomeríos; el primero de estos cerros presenta en sus materiales hacia ese lado, los mismos caracteres observados hacia el lado S. Más adelante se hablará de estos lomeríos.

El cerro llamado del Coyote (Fot. núm. 17), es continuación del de La Calavera, que con otras alturas van a terminar hacia el N. del canal de San Lorenzo; ya hemos dicho que esta sucesión de elevaciones tiene sus flancos occidentales limitados por la bahía, y los orientales por la planicie que se extiende hasta el pie de los flancos occidentales de las estribaciones que se desprenden de la sierra de Cacachila.

Entre los itinerarios seguidos para el reconocimiento de esta elevación, mencionaremos el que se llevó a cabo atravesando por una de las lomas que enlazan el cerro de La Calavera con el de San Juan, cima esta última que se encuentra aproximadamente, a unos 170 metros sobre el nivel del mar, y que se continuó hacia el N. de ella sobre la extensa planicie en la que se encuentra situado el rancho de La Laguna, a unos 100 metros sobre el nivel del mar, para terminar en las faldas orientales del mencionado cerro del Coyote, en cuya base se encuentra depositado el material brechoso de unos dos centímetros aproximadamente, formado por fragmentos de origen rhyolítico consolidado. Esta brecha está cementada por una toba arcillosa de color verdoso, coloración debida al fierro; sobre ella se encuentra una capa de una arenisca de color rosado, en la que se observan pequeños fragmentos de mica, de pómez y de roca rhyolítica; sobre esta capa reposa otra, formada de un conglomerado obscuro, también de origen rhyolítico, y cuyos fragmentos miden, aproximadamente, un centímetro de diámetro; este material se vuelve más fino hasta tomar el aspecto de una arenisca, rematando a esta altura los afloramientos de la corriente rhyolítica, cuyos fragmentos desprendidos, cubren otros lugares de los flancos del cerro, acumulándose y alcanzando bastante altura.

Prolongando estos reconocimientos al pie de los flancos orientales de este cerro, hacia el N. se presenta en manchones, una capa delgada formada por una arenisca cuarcítica en lajas de color rojizo, bastante consolidada y de la cual se tomó una muestra que observada al microscopio, presenta una textura clástica, teniendo como elementos principales *cuarzo,* >> *andesina,* > *olivino,* encontrándose la *magnetita* como elemento accesorio y estando constituída la masa de *arcilla, hematita* y *limonita;* estos dos últimos minerales existen también como elementos secundarios.

Unos 300 metros más adelante del lugar mencionado, en un corte efectuado por un arroyo cuyo cauce se desarrolla casi paralelamente a la falda del cerro, se observa el conglomerado y grava de origen rhyolítico, con una potencia de unos 10 metros. (Fot. núm. 18).

Una serie de alturas formadas principalmente por materiales de desintegración como tobas, brechas, arenas, gravas, etc., están ligadas al cerro del Coyote. Esta sucesión de elevaciones que bordean el lado oriental de la bahía de La Paz, van a terminar, como ya se indicó, al N. de las costas que limitan el canal de San Lorenzo.

Otro de nuestros reconocimientos se prolongó hacia la extremidad NE. de la formación, hacia las estribaciones graníticas que se desprenden de la

Fot. 18.—Conglomerados y grava, en el cerro del Coyote.

Fot. 19.—Acantilados en la isla de Espíritu Santo.

Fot. 20.—Acantilados en la isla de Espíritu Santo.

Fot. 21.—Cerro Pilón de Azúcar, en la isla Espíritu Santo.

Fotografía núm. 22.

sierra de Cacachilas y entre las que se encuentra situado el rancho llamado Rosario de las Vinoramas, a unos 70 metros sobre el nivel del mar. El material granítico de que están constituídas estas estribaciones, presenta el mismo color rosado que se observó hacia la sierra del Novillo, y en general, con los mismos caracteres, con la diferencia que hacia esta parte la roca está menos alterada; el granito se presenta en algunos lugares, como en la cumbre del cerro del Rosario (280 metros sobre el nivel del mar), con sus elementos más pequeños.

Al microscopio se le encontraron los caracteres siguientes: tiene una textura xenomórfica y sus elementos constituyentes principales son *ortoclasa*, > *cuarzo*, > *oligoclasa*, > *biotita* > *muscovita*, presentándose como accesorios, la *magnetita* y la *apatita*, y como secundarios, el *kaolín*, *limonita*, *hematita* y *mica blanca*.

La roca está atravesada por diaclasas con dirección dominante de N. 35° E., en una de las cuales brota un manantial, cuyo gasto aproximado es de un litro por segundo.

Por lo tanto las alturas que limitan el lado oriental, comprendido entre éstas y los cerros del Coyote y Calavera, etc., que a su vez la limitan por el Occidente, no son, las primeras, más que las estribaciones de la sierra de Cacachilas que queda limitada por el Golfo de California al E. y NE. de esta región de la península.

Es conveniente hacer mención aquí del reconocimiento que se hizo a las costas occidentales de la isla del Espíritu Santo, en la cual se presentan las mismas manifestaciones de la roca efusiva de que hemos venido tratando.

En el lugar llamado Punta Catedral (Fots. núms. 19 y 20,) se observa en la parte inmediata al mar, primero, las gravas del litoral, presentándose después un conglomerado de origen marino formado por bloques que alcanzan un diámetro de unos 50 centímetros; en este conglomerado se encuentran también cuevas marinas, como las señaladas en el cerro de La Calavera, y sobre este material se presenta una capa de toba, sobre la que aflora la corriente efusiva bastante fluída y de color rosado, conteniendo cristales de cuarzo. Estudiada la roca al microscopio, fué clasificada por el señor Martínez Quintero, como retinita cuya textura es vítrea, conteniendo fenocristales de *ortoclasa*, > *cuarzo*, > *biotita*, presentándose como elemento accesorio la *magnetita*, y siendo la masa un vidrio teñido por *limonita*, que a su vez se presenta como elemento *secundario*.

El acantilado formado por esta roca, tiene una orientación SW. a NE. y presenta un espesor aproximado de unos 40 metros.

En el estero llamado de San Gabriel más al N. del paraje mencionado, se encontraron algunos bloques de basalto de diferentes dimensiones, cuyo origen no se pudo investigar debido al poco tiempo que se permaneció en esta isla. El estudio que se hizo al microscopio de esta roca, es el siguiente: presenta una textura porfirítica, conteniendo fenocristales de *augita* > *labradorita* > (33°), presentándose la *magnetita* como un elemento accesorio. La masa es vítrea y contiene *labrador*, *augita* y *magnetita*.

En la fotografía número 21, puede observarse otro detalle de la isla del Espíritu Santo, en la que se destaca una pequeña eminencia de forma cónica, casi en el centro de la fotografía, y que es conocida con el nombre del Pilón de Azúcar; aunque no fué posible llegar a ese lugar, parece que se trata simplemente de un testigo o resto de la misma corriente efusiva de que hemos venido tratando.

Entre los reconocimientos efectuados en la parte de la formación rhyolítica, situada al NE. de La Paz, hay que mencionar los que se hicieron al cerro de San Juan, situado al SE. del de La Calavera y ligado a él por un conjunto de lomas que dan origen a un pequeño parte-aguas que hace que una parte de éstas se dirija hacia la planicie situada al N. de que ya se ha tratado —y en la que se encuentran situados los ranchos de La Laguna y

Calamahí—, y la otra hacia el S., para desembocar en la bahía de La Paz. Dichos lomeríos están constituídos por capas estratificadas de toba, sobre las que se encuentran depositadas arenas rhyolíticas y sobre éstas viene el conglomerado de la misma naturaleza, que rellena los valles comprendidos entre dichas lomas, que siguen una inclinación general de unos 10° hacia la bahía.

Ya en los flancos del cerro de San Juan, sensiblemente a la misma altura que en el cerro de La Calavera, se vuelven a encontrar las cuevas de que se trató ya y que, como aquéllas, deben su origen a la acción del mar.

La corriente rhyolítica hacia el lado SW. del cerro de San Juan aflora a unos 220 metros sobre el nivel del mar, presentándose hacia este lado con un espesor de unos 70 metros; dicha corriente tiene un aspecto brechoso en algunos puntos, es de color rojizo oscuro, y se observa en muchos lugares de ella, calcedonia. Al microscopio esta roca revela una textura vítrea y contiene fenocristales de *ortoclasa*, > *cuarzo*, > *oligoclasa*, la masa que es vítrea contiene *calcedonia?* existiendo la *hematita* como elemento secundario.

Durante los reconocimientos efectuados hacia el SE. del mismo cerro de San Juan, en una de las estribaciones situadas aproximadamente hacia el lado oriental de éste (Fot. núm. 23), se observó en su base el mismo material brechoso oscuro, de origen rhyolítico, que se encontró en los flancos orientales del cerro del Coyote; en esta estribación llega a la altura de unos 100 metros sobre el nivel del mar, aflorando bastante destruída la corriente rhyolítica que en este lugar se encuentra. Hacia el lado oriental de esta estribación, en el corte efectuado por un arroyo que corre al pie de ella, se observaron los materiales que a continuación se expresan, dispuestos en la forma siguiente, de abajo hacia arriba: una capa de toba rosada con fragmentos de pómez, otra de arena de color oscuro y encima, se repite la toba rosada sobre la que a su vez, se vuelve a presentar la capa de arena de color oscuro. Estos materiales presentan cierto grado de consolidación.

Entre las elevaciones aisladas y cercanas al cerro de San Juan, puede mencionarse la pequeña eminencia llamada cerro de La Vaquilla (Fots. núms. 24 y 25), formado de toba rhyolítica rosada que contiene también inclusiones de pómez, este material se presenta muy compacto y sin manifestar estratificación, empleándose para la construcción de edificios en la población de La Paz, por lo que se ha establecido allí una cantera, actualmente en explotación.

Hay otras colinas aisladas, como la llamada cerro de El Organo, en cuya falda se observa una brecha formada por fragmentos rhyolíticos de diferentes tamaños, comprendiendo desde grandes bloques, hasta pequeños pedazos de un centímetro de diámetro, aproximadamente; esta brecha está cementada por toba. Como a unos 150 metros sobre el nivel del mar, se empieza a presentar un material fragmentado rodado, aflorando después la toba y sobre ésta la arena rhyolítica, presentándose finalmente, la corriente rhyolítica.

En otra de estas colinas, en el cerro llamado del Cardón, se observan también estas capas de tobas y arenas. Las manifestaciones de la corriente rhyolítica se presentan en algunos lugares al nivel del suelo, como pasa en un pequeño afloramiento de esta roca existente al pie de una de las estribaciones situadas al S. del cerro de San Juan; este afloramiento se manifiesta claramente destacándose entre las arenas que recubren el suelo.

Hacia el SE. y S. de La Paz (Fot. núm. 1), se extiende una serie de alturas de forma alargada en una posición más o menos paralela y con una orientación en su mayor longitud, de E. a W., teniendo en general la mayor altura a su extremidad E. e inclinándose gradualmente hacia el W., hasta perderse entre los depósitos arenosos de la parte plana. Esta serie de alturas está formada por los cerros designados con los nombres de Atravesado, Bledal, Mezquitito, Quiote, etc., situados al E. del camino que conduce de

Fot. 23.—Cerro de San Juan.

Fot. 24.—Cerro de la Vaquilla.

Fot. 25.—Canteras en el cerro de la Vaquilla.

Fot. 26.—Cerro Atravesado.

Fot. 27.—Rhyolitas en el cerro Atravesado.

Fot. 28.—Acantilados de rhyolita, en el cerro Atravesado.

Fot. 29.—Rhyolita en la cima del cerro Atravesado.

La Paz al Triunfo. La altura aproximada de estas eminencias es de unos 200 a 300 metros, como máximo.

En el cerro Atravesado (Fots. núms. 26, 27, 28 y 29), la falda está cubierta por los depósitos formados de toba, presentándose en disposición estratificada, con un echado al NE., sobre los cuales se encuentra un conglomerado rhyolítico fino, aflorando después la corriente (Fots. núms. 26 y 27), hacia el lado SE. del cerro, a la altura de 65 metros sobre el nivel del mar. Hacia la parte NE., que es a donde este cerro tiene su mayor altura, unos 250 metros sobre el nivel del mar, la corriente se presenta bajo la forma de grandes acantilados, en forma retorcida y ondulada, (Fots. núms. 26, 28 y 29). Dicha corriente fué muy fluída y su aspecto es análogo al de los afloramientos que se han observado en las demás alturas visitadas. La muestra que se tomó en los acantilados del lado N., presentan bandas de color claro y contiene cristales de cuarzo. Al microscopio su textura es vítrea, conteniendo fenocristales de *oligoclasa en bastante proporción* y *hornblenda verde*. Se encontró como elemento accesorio la *magnetita*, y como secundarios, *kaolín* y *hematita*. Esta corriente tiene una dirección de E. a W., y una pendiente de unos 8° a 15°, aproximadamente. En un reconocimiento hacia el lado NE. de la falda del mismo cerro, se encontraron depósitos arenosos bastante consolidados, y conglomerado marino; todo esto a la altura de unos 60 metros sobre el nivel del mar. Hacia el SE. de esta misma altura a unos 130 metros se observa una capa de ceniza volcánica, que tiene un echado de unos 15° al W. y sobre ésta una capa de toba rhyolítica con inclusiones de pómez.

El cerro del Bledal, en el que la corriente presenta en algunos puntos un espesor de unos 50 metros, tiene también los mismos caracteres de fluidez que ya se han mencionado, observándose en esta roca bandas blancas que en muchos lugares tienen una estructura muy ondulada. Su color es análogo al observado ya en otros afloramientos como en los cerros de La Calavera y San Juan.

El estudio al microscopio que se hizo de una de las muestras tomadas, da los resultados siguientes: se observan bandas formadas por hileras de pequeños cristales de *feldespato*, que parece ser *ortoclasa*, encontrándose también fenocristales de *oligoclasa*, contenidos en una masa vítrea cuya vitrificación se debe probablemente a un enfriamiento brusco.

El frente de la corriente es hacia el SE. y su dirección es de E. a W. Uno de los caracteres que marcan bien su fluidez se puede observar por el aspecto que presenta en algunos lugares en que se ve como esta corriente resbaló sobre sí misma, rellenando los huecos dejados antes por ella.

El cerro del Mezquitito al SE. del Bledal, afecta una forma análoga a éste. Su altura aproximada es de unos 300 metros sobre el nivel del mar. Hacia la parte oriental, en la que el afloramiento rhyolítico se presenta en forma de acantilados, la roca presenta los mismos caracteres de fluidez que en el Bledal y demás alturas. La muestra que fué tomada en los acantilados que están hacia el N., vista al microscopio, presenta una textura vítrea, conteniendo fenocristales de *ortoclasa* > *oligoclasa*, ≷ *albita, augita alterada* > *cuarzo*. La masa es vítrea y está devitrificándose, presentando como elementos secundarios *magnetita, limonita* y *hematita*.

Continuando los reconocimientos hacia el S., se llega al lugar en que se aproxima la zona rhyolítica a la región diorítica de la sierra del Novillo. Este reconocimiento se hizo hacia el arroyo de Pozos, por el camino llamado La Brecha, que queda al Oriente de los cerros del Bledal, Quiote, Mezquitito, etc., y corre paralelamente al camino real que conduce al Triunfo.

Este arroyo de que se trató ya en la parte correspondiente a la sierra del Novillo, ha hecho su cauce a través de los depósitos sedimentarios, formados por capas consolidadas de arena de origen granítico (arkosa) con un echado de 25° al NE., teniendo intercaladas entre estas capas de origen granítico, algunos tramos de conglomerado heterogénero (Fots. núms. 6 y 7), formado

de cantos rodados de granito, diorita y andesita; esta última al microscopio fué considerada como una *andesita propilitizada granítica,* presentando una textura porfídica, conteniendo fenocristales de *hornblenda verde* > *oligoclasa alterada* >> *cuarzo.* Entre los elementos accesorios contiene *ilmenita* y entre los secundarios *clorita, kaolín, pistacita, limonita* y *hematita.* Entre estos depósitos sedimentarios se puede mencionar una lente formada por capas de sedimentación entre-cruzada (Fots. núms. 30 y 31), formadas del mismo material granítico más fino pero menos consolidado, entre cuyas fracturas se encuentran delgadas vetillas de yeso.

Los afloramientos rhyolíticos en esta zona siguen presentándose en el cerro llamado de Los Pozos; la roca que aflora en una estribación de este cerro presenta los mismos caracteres generales que los demás afloramientos que se han venido observando. Tiene un aspecta bandeado y contiene cristales de cuarzo; al microscopio manifiesta una textura vítrea, conteniendo fenocristales de *ortoclasa* >> *andesina,* en una masa vítrea; como elemento secundario se encontró *limonita.* A esta descripción viene agregada una nota en la que el señor Rodolfo Martínez Quintero menciona la presencia de cuarzo contenido en la roca. (1)

Otras alturas comprendidas en esta formación como son los cerros llamados Cruz de Piedra, Agua Escondida, etc., y a los que ya no fué posible ascender, están constituídos de los mismos materiales ya descritos.

Entre las formaciones incidentales existentes en la región, hay que mencionar algunos afloramientos de basalto de un color gris oscuro, compacto y de grano fino y dispuesto en lajas en algunas pequeñas colinas, entre las que se encuentra una situada al E. del cerro del Mezquitito; al pie de esta pequeña elevación y entre los planos de separación de las lajas y grietas, se encuentran algunas vetillas de calcita bien cristalizada. Al microscopio la roca basáltica, presenta una textura porfirítica, con fenocristales de *olivino alterado, labradorita* ⊳ (29°) y augita, presentándose como elemento accesorio la *magtita,* estando la masa formada de *labradorita, oligoclasa, magnetita, augita* y *olivino;* sus elementos secundarios son: *kaolín, hematita, iddingsita.*

Por lo expuesto, puede verse que la comarca rhyolítica forma una faja que con dirección N. S., principia en la isla de Espíritu Santo, separada del resto de la Península por el canal de San Lorenzo, sigue después aflorando en las alturas que limitan la costa en el lado oriental de la bahía de La Paz, extendiéndose hacia el E. SE. y S. de la ciudad de La Paz, para venir a ligarse con los lomeríos que se desprenden de la sierra del Novillo en sus flancos NW.

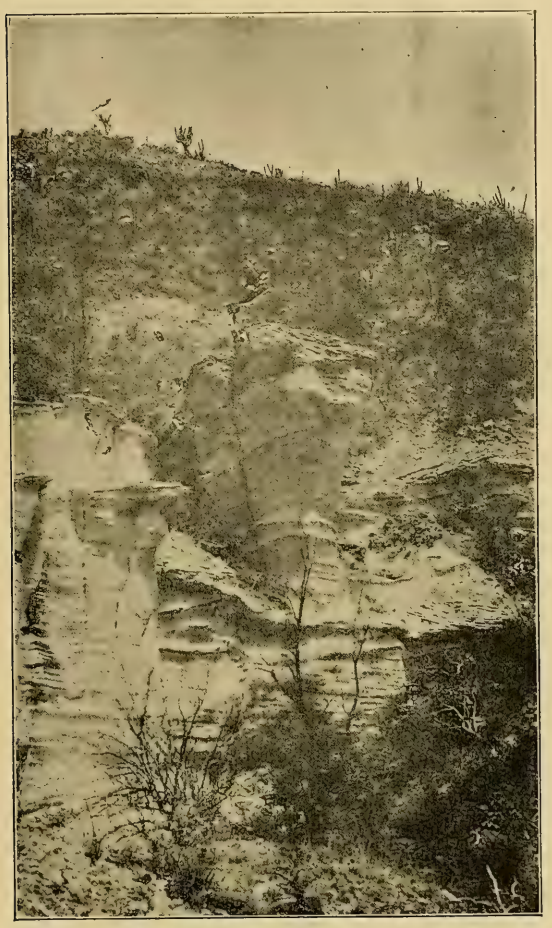
Todo este conjunto de elevaciones diseminadas en esta angosta faja, forman un amplio valle entre ellas y los macizos graníticos que se extienden entre el lado oriental de la bahía y el macizo granítico de Cacachila, que con las estribaciones que se desprenden hacia el N., vienen a limitarlo hacia el lado exterior del Golfo de California. Esta vasta extensión que desciende suavemente del pie de los macizos graníticos y sus estribaciones hacia la bahía, está cubierta por los materiales de desintegración de estos grandes macizos, que como se hizo notar ya, queda limitada al Occidente por la serie de alturas formada por los cerros de La Calavera, Coyote, etc.

En cuanto al origen de la roca efusiva de que se ha venido tratando, presenta todas las probabilidades de haber sido emítida por grietas, habiéndose verificado los derrames según una dirección dominante de E. a W.; se observa principalmente este hecho, en el conjunto de elevaciones que se encuentran al SE. y S. de La Paz, lado al que dirigen su declive, perdiéndose bajo los materiales arenosos de origen granítico que cubre la planicie.

La acción de las aguas ha cortado en varias partes la roca efusiva formando varios pequeños y angostos valles entre estas alturas, como los que se ob-

(1) El cuarzo no se menciona en el estudio al microscopio debido a la razón expuesta al tratar de las rocas dioríticas en la sierra del Novillo, es decir, por el mal estado de los aparatos laminadores.

Fot. 30.—Depósitos sedimentarios en el arroyo de Pozos.



Fot. 31.—Depósitos sedimentarios en el arroyo de Pozos.

servan entre los cerros del Bledal, Quiote, Mezquitito, etc. La acción de las aguas no solamente se ha reducido a las corrientes superficiales, sino que se presenta también la acción del mar; la extensión estudiada manifiesta claramente los restos de esta segunda influencia, pues en muchas partes actualmente bastante alejadas de él, se encuentran restos de playas y organismos marinos, situados a 80 y 100 metros sobre el nivel del mar. Estos restos principalmente de moluscos se hallan estremezclados con los materiales arenosos. Todavía más, estos mismos restos han sido encontrados en alturas que alcanzan hata 600 metros sobre el nivel del mar, en la sierra de Cacachila, (1) a esto puede agregarse la existencia de las cuevas marinas de que se ha tratado al hablar de los cerros de San Juan y de La Calavera.

Respecto a la sucesión de lomeríos que enlaza a estos dos cerros, ya hemos dicho que están constituídas de toba y que tiene una inclinación dominante hacia el mar, que los materiales de que están constituídas fueron depositados bajo el agua, después de las emisiones rhyolíticas que a su vez han estado sometidas a los movimientos de sumesión y emersión.

Las tobas que constituyen dichos lomeríos, fueron depositadas en el seno de las aguas, cuyo nivel se marca en la actualidad por las cuevas marinas situadas sensiblemente a la misma altura en los cerros de La Calavera y de San Juan.

Al iniciarse el levantamiento de la región se formaron los valles consecuentes actuales en las tobas, depositándose sobre éstas las arenas rhyolíticas y a continuación los conglomerados que rellenan los valles mencionados.

En resumen, tanto la comarca granítica como la rhyolítica, han estado sometidas a los efectos alternativos de inmersión y emersión, mostrados en la primera, por la intensa acción dinámica (fenómenos de dinamometamorfismo) y en la segunda, por las huellas dejadas por el mar (playas, moluscos marinos, etc.)

Los grandes macizos graníticos, que seguramente son la base en que reposan las demás formaciones, han invadido con sus productos de desintegración, todas las partes bajas de la región, entremezclándose con los detritus rhyolíticos en las cercanías de las elevaciones formadas por esta roca efusiva.

A su vez, esta roca ígnea después de diferentes emisiones verificadas unas veces bajo el nivel de las aguas y otras sobre él, sufrieron la acción de los agentes exteriores; principalmente la de las aguas, que abriéndose paso a través de la roca, dieron origen al conjunto de alturas entre las que se establecieron angostos y pequeños valles que invadidos por el mar (valles sumergidos) fueron rellenados por materiales de desintegración, que por levantamientos posteriores quedaron sometidos de nuevo a los efectos de la denudación, dando origen a los macizos rhyolíticos y lomas que aisladas unas veces, o ligadas entre sí, o a los macizos rhyolíticos completan el relieve actual de la región.

Las formas tan características, sobre todo las afectadas por las alturas situadas al Oriente del camino entre La Paz y El Triunfo (cerros del Bledal, Atravesado, Quiote, etc., etc.), hacen suponer la existencia de dislocaciones verificadas de acuerdo con los movimentos efectuados en la región.

En cuanto a la presencia de la roca basáltica, sólo ocupa un pequeño espacio dentro de la comarca rhyolítica, por lo que se le ha considerado como incidental; ya se hizo notar la existencia de fragmentos de esta roca, en la parte que se visitó de la isla de Espíritu Santo y cuyo origen no pudo determinarse.

El tiempo asignado a la aparición de las rhyolitas en el país, ha sido durante las últimas etapas del Terciario (2), habiéndose verificado su emisión después de las andesitas de hornblenda.

---

(1) Parergones del Instituto Geológico de México. Tomo I. núm. II, 1904. Fisiografía, Geología e Hidrología de los alrededores de La Paz, Baja California, por el Dr. E. Angermann, págs. 9 y 10.

(2) Boletín núms. 4, 5 y 6 del Instituto Geológico de México, 1896. 2ª parte. Sinopsis de la Geología Mexicana, por José G. Aguilera, págs. 233-234.

En la región recorrida por nosotros, no se observaron afloramientos andesíticos de ninguna clase, pues sólo se encontraron fragmentos de esta roca entre el conglomerado existente en los materiales sedimentarios del arroyo de Pozos, de cuyo estudio al microscopio se habló ya.

Creemos que estas emisiones rhyolíticas, que se verificaron en relación con los movimientos efectuados en la región y que se continuaron todavía después de la aparición de esta roca efusiva, que puede considerarse como contemporánea de las emisiones del mismo carácter en el Norte y centro del país, deben referirse también al Plioceno.

Al Pleistoceno y Cuaternario corresponden los materiales sedimentarios que con mayor o menor grado de consolidación, se encuentran entre los macizos ígneos, y en los que se hallan comprendidos los restos de organismos marinos ya mencionados, quedando comprendida la emisión basáltica que ha sido considerada como incidental, en la formación rhyolítca.

Una excursión que se hizo al lugar llamado Cañón de los Reyes (Fots. números 32 y 33) en el lado occidental de la bahía de La Paz, fué de unas cuantas horas por lo que se dará una idea muy ligera de este lugar.

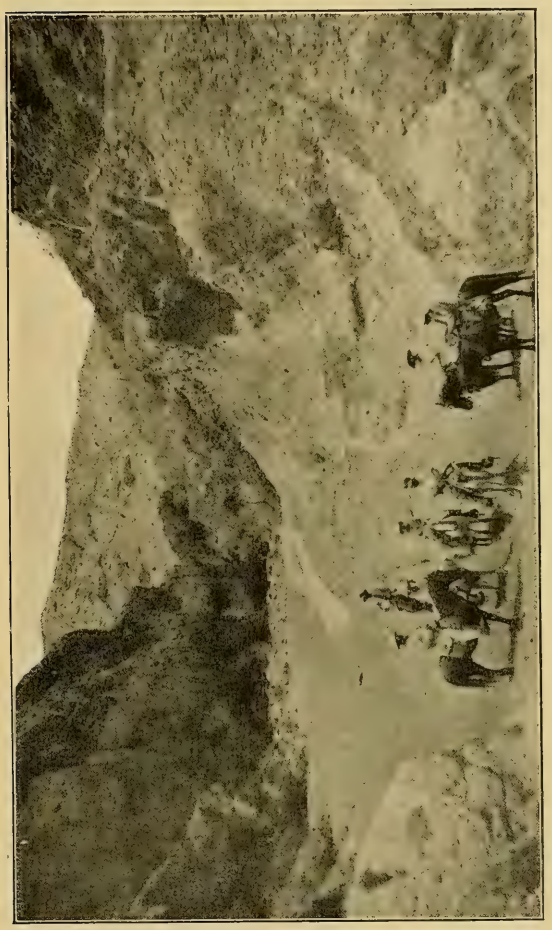
Las aguas han abierto un cauce bastante profundo a través de los materiales sedimentarios, que presentan en este lugar una fuerte potencia. En dicho cauce se encuentran algunas capas muy consolidadas que afloran a uno y otro lado del cañón, algunas de las cuales presentan los efectos de la acción dinámica, estando plegadas (Fots. núms. 34, 35 y 36), y existiendo algunas fallas (Fots. núms. 37, 38 y 39). Los principales materiales observados son: brecha y conglomerado basálticos, toba arenosa y como material de carácter secundario, es decir, no dominante entre los depósitos antes citados, puede señalarse una arenisca bastante consolidada de color rosado, análoga a la encontrada cerca de la falda del cerro del Coyote, entre las formciones situadas al N. de La Paz, así como algunos materiales de rellenamiento de grietas existentes a uno y a otro lado de los muros acantilados del arroyo.

Los materiales principales que se han mencionado antes, se encuentran alternando, como por ejemplo, en la desembocadura del cañón en la que se observa: primero, una capa de brecha basáltica, sobre ésta, una de toba algo consolidada, conteniendo fragmentos de pomez de regulares dimensiones, volviendo a presentarse encima la brecha basáltica (Fot. núm. 36) en la que reposa una capa de ceniza volcánica.

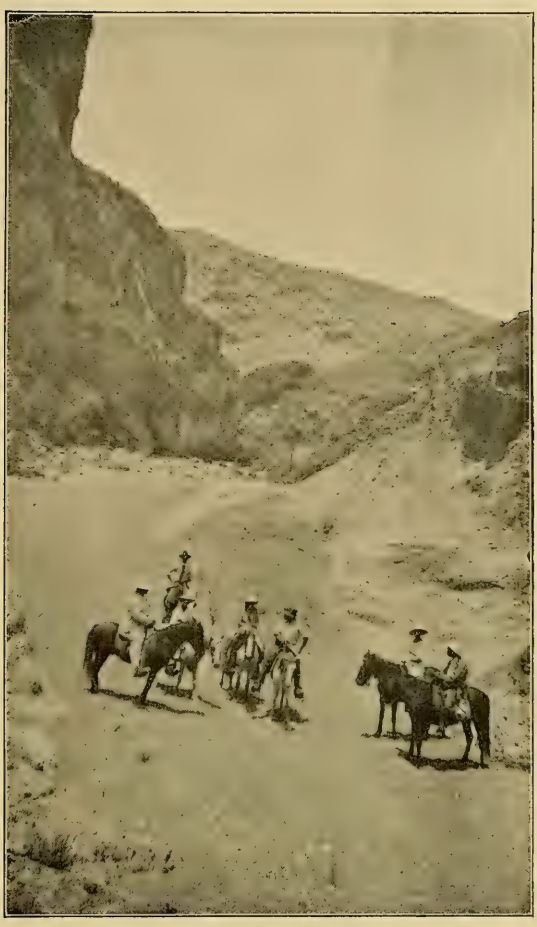
El basalto se encuentra en fragmentos irregulares, diseminados en el cauce; es probable que estos fragmentos provengan de la parte superior del cañón. Tampoco fué posible determinar su origen.

Sin embargo, en algún punto del cañón se presenta esta roca con las apariencias de un *dique*, comprendido entre dos macizos de conglomerado, erosionados en el contacto con esta roca. Al microscopio presenta una textura porfirítica microlítica, conteniendo fenocristales de *labrador* $\bigtriangleup$ (35°) > *hornblenda alterada*, presentándose como accesorio la *magnetita* y conteniendo su masa *labrador* y *augita*, siendo sus elementos secundarios *hematita* y *kaolín*.

Estos son los pocos datos que pudieron obtenerse durante nuestra corta permanencia en el Cañón de Los Reyes. Es de desearse que para más tarde se pueda emprender un estudio más minucioso en esta región.



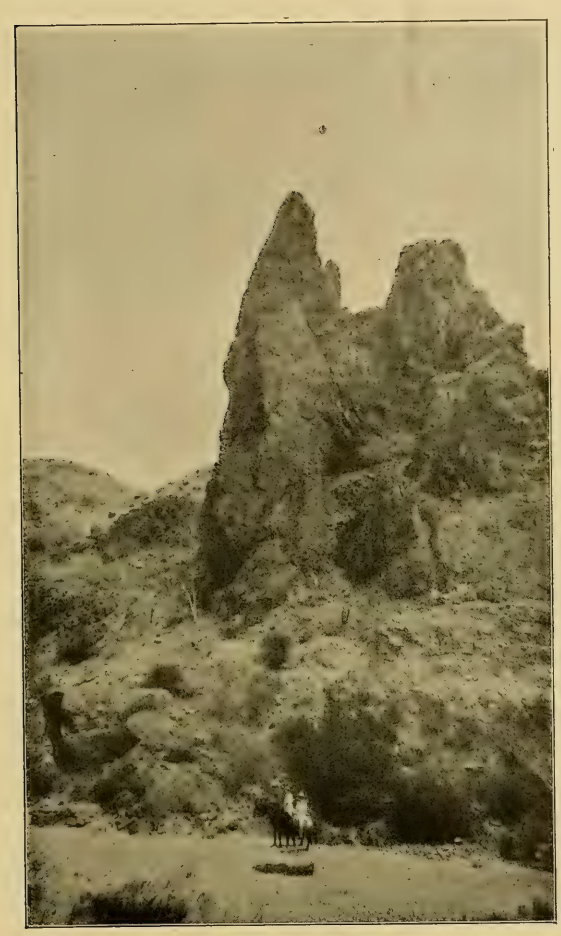
Fot. 32.—Cañón de Los Reyes.



Fot. 33.—Cañón de Los Reyes.

Fot. 34.—Capas plegadas en el cañón de Los Reyes.

Fot. 35.—Capas plegadas en el cañón de Los Reyes.



Fot. 36.—Cañón de Los Reyes.

Fot. 37.—Capas falladas en el cañón de Los Reyes.

Fot. 38.—Fallas en el cañón de Los Reyes.

Fot. 39.—Fallas en el cañón de Los Reyes.

Fot. 40.—Brecha basáltica en el cañón de Los Reyes.

EXPLORACION GEOLOGICA EN LA REGION DE LA PURISIMA

POR EL SR. DR. ANTONIO PASTOR GIRAUD

Esta exploración fué realizada en compañía del señor Enrique Díaz Lozano, quien fué un eficiente colaborador de campo, por lo cual le he quedado sumamente agradecido.

Este informe tiene el carácter de preliminar; pero a la vez debe considerársele como resumen del trabajo definitivo. El estudio microscópico de las rocas, el examen de fósiles y las consideraciones estructurales podrán modificarlo posteriormente en el detalle, pero no en su generalidad.

Comprendiendo que a la vez que urgencia, lo que se necesita es sencillez y veracidad, me concreto a exponer lo observado sobre el terreno, así como interpretar los hechos, dejando para el estudio final la narración minuciosa y detallada.

I

ITINERARIO

Lo principal era obtener cortes geológicos tanto transversales como longitudinales de la Península. El conocimiento de la región recorrida era nulo y como la extensión era muy grande, había necesidad de recurrir a itinerarios geológicos que sirviesen de verdaderos *cortes*. El itinerario total puede dividirse en tres partes: (véase Lám. I).

1.—LORETO, COMONDU, LA PURISIMA, SAN GREGORIO (paso por alto lugares intermedios y desvíos secundarios). *Corte transversal de la Peninsula.* (Lám. II.—A-B.)

2.—SAN GREGORIO, SAN JUANICO, CADEJE, SAN JOSE DE GRACIA.—*Corte a lo largo de la costa.* (Lám. II.—C-D.)

3.—SAN JOSE DE GRACIA, EL RAIZUDO, SAN MIGUEL, GUADALUPE, LAS CRUCES, SANTA ROSALIA.—*Corte transversal de la Península.* (Lám. II—E-F.)

A la región recorrida se le asignó el número 400 y a partir de dicho número se fueron recogiendo ejemplares por orden progresivo hasta el 463, que fijan la localidad de donde procede cada ejemplar. (Lám. I). La falta de medios de comunicación, la necesidad de llevar el material a lomo de mula, el depender de los aguajes, la escasez de alimentos y pasturas, etc., nos obligó a ser parcos en el muestreo y a la postre a prescindir de tomar más ejemplares, ya que el peso del material acumulado hacía imposible su transporte. Lo anteriormente asentado, así como la urgencia del problema, nos hizo recoger muestras que no podían ajustarse al modelo señalado en el programa.

II

GEOGRAFIA DE LA REGION

Para su más fácil descripción podremos dividirla en tres subregiones.

1.—SUBREGION DEL GOLFO

Dicha subregión abarca una faja relativamente muy estrecha—generalmente no mayor de 25 kilómetros—que comprende la zona del litoral y los lomeríos que como estribaciones se desprenden de la sierra. Debido a la poca

anchura de dicha zona los arroyos son más torrenciales y el talweg de los valles tiene una pendiente mayor que los arroyos correspondientes a la subregión del Pacífico. Las cuencas fluviales están bien limitadas; los parte-aguas pasan por las aristas de las lomas, y, relativamente, existen multitud de afluentes. En estas zonas la agricultura no ha podido prosperar tanto como en la otra subregión, y es porque la precipitación atmosférica efectuada sobre la Sierra es mayor hacia la vertiente del Pacífico que hacia la del Golfo. Además, debido a la estructura del terreno y al material que lo forma, en la subregión del Pacífico las aguas subterráneas están más regularizadas y los ojos de agua son más permanentes.

2.—SUBREGION DEL PACIFICO

Está constituída por una ancha altiplanicie que progresivamente disminuye de pendiente y viene a morir en las dunas y arenas de la playa. El promedio de la anchura en esta subregión es de 50 a 75 kilómetros, es decir, dos o tres veces mayor que la subregión del Golfo. Los valles son transversales, consecuentes, relativamente anchos y con pocos afluentes. Dichos valles dividen a la mencionada altiplanicie en mesas de gran extensión, áridas por naturaleza y de tan escasa vegetación que el nombre de verdaderos desiertos sería el apropiado. Los parte-aguas secundarios son por tanto imprecisos y geográficamente imperceptibles. Aunque la pendiente de la Siera al Pacífico es casi uniforme, sin embargo, viniendo de aquélla para ésta, y paralelamente orientadas a la Sierra y a la costa, existen distintas zonas de mesas que se levantan a diferentes alturas y que son en número de tres, una a 400 metros, otra a 275 y otra a 120, ya próxima a la costa. En los valles existen terrazas aluviales a diversos niveles.

Los valles en general, pero no sin excepciones, son verdaderos oasis, donde la agricultura ha podido florecer. Los ojos de agua son, si no numerosos, abundantes y permanentes y el estudio científico hidrológico aumentaría el volumen del líquido disponible para irrigación y con ello la extensión de los terrenos de labranza.

Una peculiaridad sumamente característica de esa subregión es la zona de volcancitos que, paralela a la costa y como a la distancia de un tercio de la anchura total de la altiplanicie, se levantan sobre ella. Dichos volcanes son relativamente modernos y aunque los agentes denudativos han deformado muchos de ellos, algunos, sin embargo, conservaron su estructura original. (Lám. II).

La faja de dunas es también característica de esta subregión, en la cual las pendientes del litoral son suaves. Los esteros abundan y una variedad inmensa de playas como barras, *sand-hoocks, spits, head-beaches,* etc., están representadas. Todo esto es digno de tenerse en cuenta al hacer un dictamen sobre petróleo.

3.—SUBREGION DE LA SIERRA

Dicha subregión es más bien hipotética, ya que sería imposible fijar los límites que la separan de la subregión del Golfo por una parte, y de la subregión del Pacífico por otra. A lo largo de ella existe el parte-aguas y arbitrariamente a uno y otro lado de él se le pueden asignar fajas de 10 a 15 kilómetros de anchura. Es decir, que la anchura total de la subregión susodicha sería de 20 a 30 kilómetros. La precipitación atmosférica es relativamente grande, rarísimo es el año que no llueve, las pasturas son abundantes y las cañadas mantienen una escasa pero permanente población que vive en su totalidad de la ganadería. La agricultura casi no existe. Como la roca predominante, es decir, el macizo de la sierra, es diorítico, como ahí se encuentran las cabezas de los arroyos y como la estructura no se presta para el almacenamiento de aguas subterráneas, después de las lluvias anuales, la población carece de agua

y sucede a veces que el ganado muere al pie de los aguajes. Las obras de captación subterránea en esta subregión, es, a mi entender, un problema, si no imposible, a lo menos sumamente difícil.

RELIEVE Y MEDIOS DE COMUNICACION

El relieve de las subregiones del Golfo y de la Sierra es rugoso en general; el de la subregión del Pacífico no lo es tanto, si se compara superficialmente con las anteriores comarcas; pero si se tiene en cuenta que la altiplanicie queda subdividida en multitud de mesas por los ríos y arroyos que la cortan, y que el paso de una a otra mesa obliga a descender de 150 a 250 metros para llegar al fondo de los valles, y remontar de nuevo la misma altura para llegar a la otra mesa, el relieve efectivo, en lo que respecta a los medios de transporte, es tan grande como en las otras dos subregiones.

Actualmente todo el transporte se hace por los arroyos y las mesas a lo largo de senderos—entre muchos lugares—más que inciertos. Las pendientes son excepcionalmente grandes. En caminos de cierta importancia, como el de La Purísima a Comondú y de este lugar a Loreto, se ve el viajero forzado a atravesar mesas que a la menor lluvia se vuelven atascaderos. Otros muchos ejemplos podíamos citar. En el caso de explotación petrolera, habría que gastar una gran suma para establecer buenas líneas de comunicaciones. Con respecto a comunicaciones marítimas, el caso no es tan grave: existen multitud de puertos y bahías naturales, y muchos de los esteros, con algo de draga, podrían adaptarse eficientemente para el fin de la explotación.

CONDICIONES FISICAS, AGUA POTABLE Y AGUA PARA PERFORACIONES

El clima de la región es esencialmente el de la zona de los desiertos tropicales. La temperatura en verano es sumamente elevada; en algunos días de los meses de verano el termómetro llega a marcar 40 grados o más, a la sombra. Del lado del Pacífico la temperatura es siempre mucho más fresca que del lado del Golfo. En invierno, el frío, al decir de los habitantes, llega a ser algo mortificante. Con respecto al calor de la región, tenemos que añadir que, aunque elevado, es soportable, pues dicho calor es seco. Jamás hemos sentido calor húmedo.

En lo general el agua es poco abundante. Actualmente existen aguajes naturales a larga distancia unos de otros, generalmente en el fondo de las cañadas y ahí donde las rocas efusivas volcánicas han sido cortadas por los arroyos y dejan al descubierto las tobas o arenas sedimentarias. Cerca de las costas el agua es un poco salina. Con perforaciones hechas discretamente y a alguna profundidad, podría sacarse no sólo agua potable, sino la necesaria para las perforaciones.

III

GEOLOGIA GENERAL

Distribución geográfica de las rocas

ROCAS IGNEAS

A.—Plutónicas.—Las rocas plutónicas afloran en la subregión de la Sierra. (Lám. II). Fueron encontradas alrededor del pilón de Las Parras, en el camino que va de Loreto a Comondú (corte A-B), y en los alrededores del rancho de Guadalupe, en el camino que va de San Miguel a Santa Rosa.

lía (corte E-F). La roca es una diorita o grano-diorita de estructura granitoide y color blanco. Forma el macizo de la Sierra y su anchura aproximada de afloramiento es de 15 a 25 kilómetros. El eje de afloramiento es de NW. a SE., es decir, paralelo a las líneas de costas y a lo largo de la Península. Se comprende que dicha roca plutónica no es sino la representante de los macizos graníticos del Norte y Sur de la Península, con los cuales puede muy bien, geográficamente, correlacionarse. Dicho macizo diorítico constituye, por decirlo así, el espinazo físico-geológico peninsular. El parte-aguas peninsular se encuentra colocado a todo lo largo de dicho macizo, y por tanto, es natural que sea en él donde se hallen las mayores alturas (1,000 metros para arriba).

B.—Volcánicas.— Las erupciones volcánicas, como veremos posteriormente, han sido numerosas y variadas, de aquí que hallemos diferentes tipos de rocas efusivas. Sin embargo, el caso no sólo no es complicado, sino verdaderamente sencillo y fácil en su generalidad.

1.—Basaltos.—Del lado Oeste, es decir, en la subregión del Pacífico, se encuentran puramente basaltos con exclusión completa de cualquiera otra roca efusiva. (Lám. II.) Habiéndose verificado varias emisiones, es claro que habrá diferentes variedades de basalto; los hay porosos, compactos, con mucho o poco olivino, de color negro variable e indiscutiblemente constituído por diferentes proporciones de plagioclasas. Todo esto será el tema de un estudio microscópico futuro.

2.—Andesitas.—Por el contrario, del lado E., es decir, del lado de la subregión del Golfo, la roca efusiva está constituída por andesitas y traquitas. (Lám. II—zona roja.) Tenemos que hacer notar que cerca del rancho de Las Cruces se encuentran emisiones de rocas basálticas (a lo menos, esta fué nuestra determinación de campo). Hay que añadir que según persona autorizada, como lo es el señor inspector de minas, ingeniero Marcelo Peña, al Norte de Santa Rosalía se presentan derrames rhyolíticos. No es de dudarse tal aserto, pues en los alrededores de La Paz e isla del Espíritu Santo, las corrientes rhyolíticas son las únicas rocas volcánicas.

La isla del Carmen, así como las costas de Agua Verde, lugar situado entre Loreto y La Paz, están formadas por andesitas.

Quizá se presenten excepciones al caso general; pero el predominante es el de encontrar basaltos del lado del Pacífico y andesitas y rhyolitas del lado del Golfo.

ROCAS SEDIMENTARIAS

Las capas sedimentarias no afloran sino cerca de las costas. (Lám. II—zona marítima.) La faja sedimentaria costera del Golfo es mucho más estrecha que la del Pacífico. La anchura es variable como se puede ver en la lámina.

Concretándonos a la faja del Pacífico, podemos decir por ahora que las rocas sedimentarias aparecen en sucesión en el fondo de las cañadas y los valles. En La Purísima, Casas Viejas, La Ventana, Las Lisas, El Conejo, San Gregorio, Mezquital, San Juanico, Mesa de San Juanico a Cadejé, San José de Gracia, etc. (Figs. 5, 9, 12 y 15) afloran calizas fosilíferas intercaladas, ya entre las margas, ya entre las arenas, ya alternando con unas y otras. Los bancos fosilíferos son varios a distintos niveles.

Muy cerca de las costas, en esteros azolvados, como es el del Mezquital (Figs. 6, 7 y 8) se hallan arenas yesíferas descansando en discordancia sobre la estratificación regular. En San Juanico estratos de arenas fosilíferas modernas—conteniendo el género *Nática* en gran abundancia—descansan en discordancia sobre bancos calizos más profundos y se apoyan sobre rocas volcánicas en las cabezas. (Figs. 10 y 11.)

Tobas volcánicas estratificadas y arenas y margas sedimentarias ocurren en casi todos los valles debajo de las corrientes basálticas, siempre que los taludes de ladera no las hayan cubierto. (Figs. 2, 17, 18 y 19.)

ROCAS METAMORFICAS

Debido a levantamientos, plegamientos y compresiones dinámicas así como a empujes de masas magmáticas efusivas, una estrecha faja de rocas metamórficas se presenta del lado del Golfo y en contacto directo con el macizo diorítico. En la zona de Loreto ha habido plegamientos posteriores—en parte al menos—al derrame andesítico. En la zona de Santa Rosalía masas inmensas de conglomerados han sido comprimidos, levantados y plegados.

Tanto los derrames basálticos como los andesíticos han producido ligeras metamorfosis en las capas sedimentarias inferiores. Pero la acción metamórfica (no vista por nosotros) debe haber sido sumamente intensa ahí donde el magma ascendente cortó la sucesión de lechos estratificados.

CONTACTOS

Se ha dicho que el estudio de los contactos es la parte más difícil de la geología. Era imposible en el corto tiempo disponible dedicarse al examen minucioso de ellos. Varios contactos, sin embargo, pudieron observarse: el de los basaltos y las capas estratificadas inferiores—por un lado—, y el de las rocas efusivas andesíticas con la rhyolita abajo, por otro lado.

El contacto del basalto con las capas estratificadas puede verse en muchos lugares; pero sobre todo, hay tres bastante típicos y característicos. A dos kilómetros al Sur de La Misión de San Javier, se encuentra una vinatería. (Lám. I). Al lado Oeste del arroyo sube desde el fondo del valle hasta la mesa de San Alejo —aquí conocida también con el nombre de Mesa del Tío Pancho— un sendero por donde bajan los magueyes de los cuales se extrae el tequila. La falda del cerro está cubierta por un talud basáltico que se proyecta hacia el Este, estrechando el fondo del valle en aquel lugar. Recibe el nombre de Segundo Paso. La altura del fondo del valle es de 400 metros. La mesa está a la altura de 640 metros. El contacto se presenta a 610 metros de elevación, levantándose a pico la ceja de la corriente basáltica. La acción metamórfica producida por el contacto es sumamente notable; ahí recogimos pedazos de calcedonia. El basalto arriba es compacto; pero en el contacto es poroso, de la variedad conocida con el nombre de tezontle. Las tobas o arenas inferiores se encuentran tostadas. (Fig. 2).

En el mismo arroyo, entre Presa Vieja y Santo Domingo, en un lugar llamado Los Cantiles y del lado Sur del valle, se encuentra otro contacto. El diagrama número 3 da una idea de cómo aparece dicho contacto. Las arenas inferiores han cambiado de color y han sufrido la acción intensa del calor magmático.

Los contactos entre el basalto y las capas sedimentarias tienen doble importancia, puesto que las corrientes se encuentran sobre lechos estratificados en discordancia. (Figs. 18 y 19).

En el arroyo de Cadejé (Fig. 16), capas de arenas sedimentarias descansan en discordancia sobre basaltos de estructura columnar.

Contactos entre corrientes de basaltos podrían estudiarse en Comondú, donde basaltos de estructura columnar se hallan coronados por corrientes de basalto compacto.

En La Purísima parece haber una discordancia entre capas estratificadas.

Por último, en la figura 22 hemos tratado de representar otro contacto. La capa "a" está formada por la roca plutónica de textura granitoide. Sobre ella descansan en discordancia capas estratificadas de arenas "b," sobre las cuales se derramaron las corrientes volcánicas "c." Un estudio detallado de los contactos no sólo proporcionaría datos importantes, sino que esclarecería la geología estructural detallada de la región en estudio.

IV

GEOLOGIA FISICA Y ESTRUCTURAL

(Ténganse a la vista la Lam. I. y los cortes geológicos)

MACIZO DIORITICO

La zona señalada en la lámina, representa el afloramiento del macizo diorítico. Los cortes A-B y E-F dan una idea de dicho macizo en sección vertical.

Es fácil comprender que esta roca plutónica es la más antigua, pues que sobre ella descansan, no sólo las capas sedimentarias, sino las corrientes efusivas modernas. La acción denudativa de los agentes atmosféricos produce tipos montañosos en forma de doma. Las alturas máximas se encuentran, por supuesto, en el macizo diorítico, el cual constituye la forma más sobresaliente del relieve de la Península.

MESAS BASALTICAS

Inmensas erupciones de basaltos derramaron en no lejana época sobre planicies levantadas y denudadas. El derrame efusivo se produjo del lado W. del macizo diorítico y corrió sobre sus flancos y la planicie antes dicha hasta llegar muy cerca de la costa del Pacífico. El espesor de la corriente es mayor cerca del block diorítico (figura 1), y se adelgaza a medida que se aproxima uno al W. El derrame de la corriente no fué a través de focos o centros de emisión, sino más bien a través de una grieta paralela al macizo diorítico, recordando en este sentido el tipo efusivo islándico. El aspecto de aquella planicie negra basáltica debía ser—aún lo es—imponente. La acción del intemperismo combinándose a la acción destructora de los ríos dividió la altiplanicie en mesas más o menos grandes. Como los ríos todos son transversales y consecuentes, dichas mesas están generalmente orientadas en el sentido de su mayor inclinación, es decir, de Este a Oeste.

El proceso denudativo está gráficamente representado en la figura 4; en A, la corriente basáltica se encuentra poco desgastada. Como ejemplo podemos señalar la mesa del Vigía, entre Kiñí y Comondú.

En la mesa de La Vuelta, entre Palmarito y Kiñí (Fig. B), la corriente basáltica ha sido levantada en parte. Debido a la escasa precipitación atmosférica, la acción del intemperismo ha sido la predominante. En época de lluvia, debido al surco incierto de los arroyos, dichas mesas constituyen peligrosos atascaderos.

Por último, en la figura C, tenemos una representación del tipo actualmente predominante. La corriente basáltica ha sido no sólo levantada, sino que las capas estratificadas inferiores han sido cortadas por la acción de los arroyos. Muchos ejemplos podrían citarse; pero bastará con el del valle de San Javier. La corriente basáltica forma cejas acantiladas a uno y otro lado del valle. En la base de esas cejas acantiladas se encuentran los contactos. A uno y otro lado del valle, en las laderas, se apoyan inmensos taludes, algunos de los cuales están muy próximos a su ángulo de reposo crítico. Están formados por brechas basálticas que cubren generalmente el contacto.

Arriba de las mesas la nivelación es casi perfecta, pero a medida que se aproxima uno hacia la sierra, la superficie se hace más y más irregular.

ESTRATIGRAFIA

Las corrientes basálticas se apoyan, como hemos dicho anteriormente, sobre capas estratificadas. En el poco tiempo de que dispusimos no nos fué posible estudiar sino algunos lugares con algún detalle. En el arroyo de La

Purísima pudimos hacer un corte de cerca de 250 metros. En el arroyo de San Gregorio, se estudió una sucesión estratigráfica en Las Lisas, Las Destiladeras, El Conejo y rancho de San Gregorio. Varios cortes secundarios se hicieron en San José de Gracia, Cadejé, San Juanico, Arroyo de San Javier, etc., etc.

Hemos dicho que cerca del macizo diorítico la corriente basáltica es sumamente espesa (Fig. 1). Por supuesto, no nos fué posible determinar el espesor de la corriente.

En la Misión de San Javier y a todo lo largo del arroyo del mismo nombre, pudimos observar los contactos de basalto con las rocas estratificadas inferiores, así como la sucesión inmediata de dichos estratos (Figs. 2 y 3). Inmediatamente abajo del basalto, existen lechos sedimentados de tobas y arenas. Una exploración minuciosa del arroyo de San Javier, desde su nacimiento hasta el mar, nos daría una sucesión estratigráfica completa. Igual observación es aplicada a todos los otros arroyos importantes de la región, como La Purísima, San Gregorio, Cadejé, San Miguel y San José de Gracia.

En el Parrón —camino a Palmerito—, Pozo de los Frailes y Valle de Kiñí, los lechos de tobas y arenas pudieron estudiarse de nuevo (Fig. 4 B).

En Comondú, corrientes superpuestas de basalto fueron observadas (corte geológico C-D). Falta de tiempo nos privó de estudiar el asunto en detalles.

La región de La Purísima nos ofreció la oportunidad de estudiar las capas sedimentarias más minuciosamente. Recogimos fósiles y muestras en todos los lechos. La figura 5 muestra el corte transversal del valle y la figura de la Lám. V., el espesor de los estratos y su descripción detallada. Los números colocados sobre la margen derecha, representan los niveles en metros sobre el nivel del mar, del afloramiento respectivo de los estratos sobre el corte. No es necesario entrar en la parte explicativa del diagrama y del corte; bástenos hacer notar que los estratos de caliza fosilífera se encuentran coronados por 200 metros aproximadamente de capas sedimentarias. Este dato es sumamente significativo si se recuerda el corte de San Javier (Fig. 2) y se trata de determinar la altura aproximada de dichas capas calizas en aquel sitio. No está fuera de lugar añadir que en Casas Viejas, punto situado a tres leguas al W. de La Purísima, se hizo una perforación que llegó aproximadamente a 570 metros (1,700 pies) más abajo de la capa fosilífera sin encontrar el petróleo. Una perforación en San Javier nos llevaría después de 1,000 metros a alcanzar el mismo nivel estratigráfico de Casas Viejas. Ya volveremos a tocar este asunto más adelante.

Debajo de las calizas fosilíferas siguen arenas y margas estudiadas en La Ventana, Casas Viejas, y Pozo de Los Tepetates. Dichas margas y arenas han sufrido una acción intensa de plegamiento. Domas, anticlinales, sinclinales y otras formas, aparecen aflorando en el fondo del valle. Precisamente el pozo de Casas Viejas se hizo sobre un pequeño anticlinal algo irregular. Las margas han sufrido una acción dinamo-metamórfica (pudiera ser que fuese una acción de contacto intrusivo, pero lo dudamos).

En el arroyo de San Gregorio, en Las Lisas, Las Destiladeras y El Conejo (Figs. 12, 13, 14 y 15) una nueva oportunidad se nos presentó para hacer un estudio en detalle. La capa superior de caliza fosilífera —determinación de campo— parece ser la misma que aflora en el cerro de La Presa en La Purísima. Pudiera ser, y existen razones de peso, que todo el corte de El Conejo no fuese sino la representación local de las calizas fosilíferas de La Purísima.

En el estero de San Gregorio, cerca de la playa y debajo de las dunas o médanos afloran las calizas fosilíferas (Figs. 12, 13 y 14).

En el valle del Mezquital y su estero, así como a lo largo de la playa que conduce a San Juanico, vuelven a presentarse las calizas fosilíferas (Figs. 6, 7, 8, 9, 10 y 11).

No cabe duda que debido a oscilaciones de la costa peninsular, masas

sedimentarias recientes han sido depositadas en discordancia sobre los sedimentos estratificados normales inferiores. En San Gregorio pueden verse arenas fosilíferas modernas formando los médanos (Figs. 12 y 13). En el estero del Mezquital han sido las capas yesíferas las depositadas (Figs. 6, 7 y 8). En San Juanico, arenas fosilíferas conteniendo gran cantidad del género Nática han sido superpuestas sobre los flancos de la corriente basáltica y arriba de las rocas estratificadas inferiores.

En todo el trayecto que media entre San Juanico y Cadejé, margas, caliza fosilífera y arenas fueron vistas. Debido a la falta de aguajes y pasturas, nos fué de todo punto imposible quedarnos sobre esta comarca. En este sitio anduvimos perdidos un día entero, y por poco tenemos que lamentar una desgracia, debido a la falta de mapas y a la incompetencia del guía.

En Cadejé (Fig. 16), observamos una corriente basáltica de estructura columnar coronada por bancos de arenas estratificadas en superposición discordante. Nos dijeron que arroyo arriba aparecen calizas fosilíferas en el fondo del valle.

Vuelven a presentarse capas sedimentarias en todos los cortes de los arroyos entre Cadejé y San José de Gracia, como por ejemplo en el arroyo de San Miguel (Fig. 20).

Poco antes de llegar a la entrada del cañón de Las Vacas, y ya sobre el arroyo que lo une con San José de Gracia, calizas fosilíferas superpuestas sobre arena aparecen en testigos a 100 metros de altura sobre el nivel del mar. En San José de Gracia (Fig. 17), 75 a 80 metros de margas y arenas siguen a los basaltos. Las calizas fosilíferas citadas en el párrafo anterior quedan, por tanto, mucho más abajo: como 80 metros más abajo del nivel del arroyo.

Por último, en el arroyo de Las Vacas (Figs. 18 y 19) y a lo largo del arroyo de San Miguel, cauce arriba hasta el rancho de Los Angeles y el mismo San Miguel, vuelven a aparecer capas de tobas y arenas coronadas por basaltos, es decir, vuelve a repetirse la misma estructura que en San Javier.

ERUPCIONES VOLCANICAS

Aparte de la emisión de la corriente basáltica que forma las mesas, y de las emisiones andesíticas de la subregión del Golfo, han ocurrido emisiones volcánicas posteriores.

Ya al tratar de la geografía de la subregión del Pacífico, dijimos que una característica de dicha subregión era la faja de volcancitos modernos que existe entre la costa y la sierra (Lám. II y cortes geológicos).

Dichos volcanes son bastante numerosos, se levantan sobre la pendiente suave de la altiplanicie, es decir, sobre las mesas más o menos niveladas, a una altura máxima de 750 metros. Algunos como el pico de San Raymundo, se levantan relativamente poco sobre la altiplanicie; dicho pico se eleva a 260 metros, y teniendo la mesa sobre la que se apoya, una altura de 120 metros; la altura del volcán es sólo de 140 metros. Visto desde lejos, aparece este pico solitario como un gigante que se divisa desde larga distancia. Por el contrario, volcanes como El Pabellón, El Zorrillo, El Tezontle, Jesús del Monte, San Javier, etc., alcanzan alturas mayores, debido a que están colocados más hacia el interior sobre mesas más elevadas.

Muchos de dichos volcanes se encuentran destruídos y sólo queda de ellos las corrientes, otros se hallan en estado de semidestrucción, y los menos conservan aún su originalidad primitiva.

En aquellos lugares en donde se encuentran agrupados, sus corrientes respectivas llegan no sólo a ponerse en contacto unas con otras, sino a superponerse; ejemplo: el distrito de Comondú.

Las emisiones, en su generalidad, fueron bastante fluidales. Corrientes basálticas derramaron sobre los flancos de sus cráteres cubriendo partes

más o menos grandes. Debido a la pendiente primitiva del terreno, las corrientes son más numerosas hacia el W.

Pero, además del tipo volcánico de corrientes, hubo el explosivo. Grandes acumulaciones de lapilli y escoria, se encontraron en distintos lugares, recogiéndose bombas volcánicas. Entre Comondú y el cerro de El Pabellón, se localizó un cráter de tipo explosivo. El cerro de El Tezontle es también explosivo, y sus faldas, de más de 150 metros de altura, se encuentran cubiertas de lapilli.

INTRUSIONES

Junto a las emisiones volcánicas nos encontramos verdaderas intrusiones. Citaremos, entre otras, las siguientes: los basaltos columnares de Comondú. Dichos basaltos se encuentran coronados por corrientes compactas que aparecen ser más de una.

En el arroyo de San Miguel vimos también mantos basálticos, intercalados entre rocas sedimentarias. Condiciones imposibles de aguajes y alimentos nos privaron de acampar en aquel lugar.

No queremos olvidar los basaltos de Cadejé. La estructura columnar de la masa es perpendicular a los lechos estratificados de arriba. Nosotros examinamos el contacto y consideramos que eran corrientes sobre las cuales se depositaron los sedimentos. Dichos sedimentos tienen echados variados y parece como que se ajustaron a las sinuosidades del terreno. No tenemos inconveniente en confesar que quizá un estudio más minucioso decidiese que tal roca era una intrusión basáltica. Sin embargo, como digo antes, creemos que sean corrientes superpuestas después por los sedimentos (Fig. 16).

LEVANTAMIENTOS, HUNDIMIENTOS Y OSCILACIONES DE LAS COSTAS

El tipo de costas de la subregión del Pacífico, es de levantamientos. La pendiente suave de la planicie costera y de la zona del litoral, es signo evidente de elevación reciente. Ligeras oscilaciones han ocurrido en épocas modernas. El rellenamiento de algunos esteros se sigue verificando actualmente.

En algunos sitios como valle y estero del Mezquital (Figs. 6, 7, 8 y 9), capas de arenas yesíferas reposan en discordancia sobre lechos estratificados inferiores. En San Juanico (Figs. 10 y 11), arenas calizas muy modernas reposan, igualmente en discordancia, sobre capas sedimentarias inferiores.

El movimiento predominante ha sido el positivo, es decir, el de elevación de la costa del Pacífico (me refiero a la región estudiada). La prueba más concluyente la ofrecen las terrazas aluviales, que, a diferentes niveles, aparecen sobre los cauces de los ríos (Figs. 16 y 20). Por el arroyo de San Miguel, a cinco leguas de la costa, hemos contado hasta tres terrazas sucesivas. En diversos lugares, masas de conglomerado se hallan a diferentes niveles. Dichos conglomerados son basálticos e indican los niveles sucesivos de erosión aluvial.

Por último, depósitos de tripolli en La Ventana, Las Lisas, Las Destiladeras, etc., se encuentran como embarraduras sobre los acantilados. Dichos depósitos—no se sabe si marinos o de agua dulce—, se encuentran levantados sobre el nivel del fondo de los arroyos. En Las Lisas fué hallado por el señor Díaz Lozano, en dicho tripolli, una aleta caudal de un pez.

La subregión del Golfo ha sufrido un levantamiento progresivo, con rupturas intensas subsecuentes. Ya hablaremos sobre este asunto al tratar de las fallas. Cuevas marinas han sido localizadas en la región de Loreto y en la Isla del Carmen. El Distrito minero de Santa Rosalía tuvo por origen algunas azolvadas. con levantamiento superior reciente.

PLEGAMIENTOS

Debido al levantamiento progresivo de la Península en general y de las ascensiones magmáticas en parte, es lo cierto que las capas sedimentarias han sufrido plegamientos de consideración en algunos lugares bastante intensos.

En otra parte de nuestro informe hicimos referencia a la región de La Purísima. Dijimos que aquí las capas se encuentran plegadas formando domas, anticlinales y sinclinales, etc. de consideración. Añadimos que, en dicha comarca, parece existir una discordancia entre las mismas capas estratificadas, e insistimos, además, sobre el plegamiento intenso de las margas que vienen debajo de las calizas fosilíferas.

En todos los arroyos como en San Gregorio, La Purísima, Cadejé, San Miguel, etc., las capas superiores se encuentran más o menos inclinadas con echado al W., es decir, hacia el Pacífico.

En San José de Gracia y Las Vacas (Figs. 17, 18 y 19) las tobas y arenas se encuentran plegadas.

En todo nuestro estudio acerca de capas sedimentarias, no hemos encontrado sino echados variables, a poca distancia unos de otros. Sobre dichos plegados han corrido las emisiones de basalto.

En la subregión del Golfo hemos hallado intensos plegamientos en el contacto de las zonas andesítica con la diorítica. En Santa Rosalía masas inmensas de conglomerados y brechas, han sido comprimidas, levantadas, plegadas y volteadas.

TEMBLORES DE TIERRA

Fué altamente significativo—y esto es prueba de los resultados satisfactorios que se derivan de una buena inferencia—, que a poco de llegar a la región de Loreto, concluyésemos que era el tipo de la región sísmica.

Nuestra conclusión se basa en que, primero, la zona costera es sumamente estrecha; segundo, los acantilados de la sierra son enormes y extensísimos, lo cual trae a la mente la idea de una falla; tercero, las islas del Carmen y Coronado, están separadas de la costa peninsular por profundidad relativamente grande; cuarto, existen puertos naturales formados por inmersión, y más tarde: quinto, los kaernbuts y kernuts de la isla del Carmen, y sexto, la zona metamórfica cerca de la sierra. Tuvimos después la satisfacción de saber, por boca del señor Larrinaga, y otras personas, que un temblor poderoso, ocurrido en 1878, destruyó completamente la población de Loreto, ciudad de Las Palmas y antigua capital de Distrito. El temblor comenzó el lunes 22 de abril de aquel año y repitió el 23, 24 y 25. El máximo de intensidad ocurrió el 25, día en que cayó la torre de la iglesia de La Misión. La destrucción fué casi completa, sólo cuatro casas quedaron en pie. Las pérdidas de vidas fueron, por fortuna, poco numerosas: hubo solamente dos desgracias que lamentar.

Desde entonces acá, no han ocurrido sino ligeros movimientos. En la isla del Carmen nos fué dicho que ahí también sienten, de vez en cuando, temblores. El señor Pagés, encargado segundo de las salinas, nos dijo que hace tres años, así como en mayo pasado, hubo temblores bastante fuertes. Asegura que este último fué acompañado de ruidos subterráneos.

Del otro lado del parte-aguas, es decir, por Rancho Viejo, San Javier, etc., los movimientos sísmicos no han sido notados; pero en La Purísima se han sentido ligeras vibraciones.

FALLAS

Muy poco tenemos que decir acerca de fallas, pero haremos notar los siguientes hechos: es indiscutible que varias fallas importantes deben haber

ocurrido del lado de la subregión del Golfo. Las fallas no son sino consecuencias necesarias de levantamientos y plegamientos. Los temblores de tierra no son sino un corolario de las dislocaciones.

A mi entender, considero que —aparte de pequeños movimientos—, hay dos fallas grandes en la región de Loreto. Una línea de falla siguiendo el contacto, o muy cerca del macizo diorítico; la otra línea de falla, paralela a la costa. En la región de Santa Rosalía también existen fallas, más o menos grandes, del tipo normal.

Con respecto a la subregión del Golfo, nada podemos decir en concreto; sin embargo, habría que investigar más minuciosamente los frentes de las cejas acantiladas basálticas, que se encuentran del lado W. de las mesas: una a 275 metros, y la otra a 400 metros de altura. No sería nada difícil que fueran rupturas de la altiplanicie. La zona de volcancitos, más o menos paralela a la costa y a la sierra, está formada, a mi entender, por derrames efusivos volcánicos, siguiendo una línea de débil resistencia.

V

GEOLOGIA HISTORICA

Con objeto de resumir todo lo dicho anteriormente, y como introducción al capítulo de "HORIZONTES GEOLOGICOS PETROLIFEROS," damos a continuación el siguiente bosquejo histórico: (véanse cortes A-B, C-D y E-F; además, Fig. 21).

Ante todo, hay que advertir que los tres cortes geológicos que acompañan el informe, son generales. Las alturas fueron tomadas con barómetro y las distancias horizontales son las dadas por el mapa. Como el mapa tiene una escala de 1:800,000, las distancias no son sino aproximadas. La escala vertical está aumentada 10 veces, con objeto de hacer resaltar más los perfiles. De una manera algo rápida vamos a tratar de explicar los acontecimientos:

1.—Según todas las probabilidades, la Península de la Baja California, surgió del seno de las aguas, como tierra de origen granítico.

2.—Erosiones posteriores dividieron esta tierra en islas separadas por estrechos más o menos grandes.

3.—Masas sedimentarias fueron depositadas a uno y otro flanco de dicho macizo. La edad de los depósitos más antiguos data de la época cretácica. Pudiera ser que existiesen aún sedimentos más viejos.

4.—Hubo levantamiento progresivo que todavía dura y que ha producido plegamientos, fallas, etc.

5.—Derrames basálticos enormes a través de una grieta del lado del Pacífico, y andesíticos, traquíticos y rhyolíticos del lado del Golfo. Los primeros son probablemente posteriores a los segundos, los cuales parecen datar de la época pliocena.

6.—Levantamientos: formación de una línea de débil resistencia, ya por falla, ya por ascensión de la roca magmática comprimida, y emisiones de corrientes de basalto a través de focos volcánicos. Además, ruptura del terreno, con separación de la Península de las Islas del Carmen y Coronado.

VI

MANIFESTACIONES SUPERFICIALES DEL PETROLEO

Muy pocas y aisladas son las manifestaciones superficiales del petróleo en la región recorrida. A continuación exponemos las observadas en el terreno.

CHAPOPOTE EN LAS COSTAS

Innumerables veces han sido recogidas muestras de chapopote en las arenas de las playas de casi todo el litoral del Pacífico. En San Gregorio y a todo lo largo de la bahía de San Juanico, no nos fué posible observar ninguna manifestación del petróleo oxidado. En El Conejo, Mezquital y San Juanico mismo, contrariamente a lo asentado por testigos oculares, no vimos ni aun siquiera pedazos de dicha substancia. Nosotros achacamos el fracaso a una tormenta acaecida poco antes de visitar aquellos lugares. Admitiendo—como admitimos de lleno— la existencia de chapopote en las costas, no le damos sino la importancia relativa que tiene. Dicho chapopote, varado o no, es la muestra palpable de los carburos oxidados procedentes de yacimientos petrolíferos. En San José de Gracia nos aseguraron la existencia de grandes acumulaciones de dicha materia en la costa. Por falta de medios pecuniarios nos fué imposible visitar dichos lugares.

De todos los lugares de la costa del Pacífico, donde se dice hay manifestaciones de petróleo, sólo el de la isla del Carmen nos fué posible visitar. Ahí nos dijeron que varios geólogos extranjeros y nacionales habían estado antes. Debido a la amabilidad del gerente de la negociación, Mr. Milhe, que puso a nuestra disposición un bote de gasolina, pudimos transportarnos rápidamente al lugar conocido con el nombre de El Alquitrán, cerca de Punta Baja, extremo Sur de la isla (véase Lám. I y corte A-B).

La formación en aquel punto consiste de una corriente andesítica, sobre la cual se encuentran superpuestas arenas fosilíferas estratificadas. Entre una y otra formación, se halla intercalado un conglomerado en discordancia. La corriente andesítica se encuentra tan baja que, en la alta marea, queda casi cubierta por las aguas. La roca ígnea, que queda en la zona comprendida entre los límites de la baja y alta marea, se ve agrietada. A través de las grietas, según dicen, sale el petróleo; añaden que cerca del contacto es mucho más abundante. En la época de nuestra visita nada de esto pudimos observar, aunque bien pudiera ser cierto que el derrumbe que vimos —y que nos aseguraron fué debido a un temblor— hubiese tapado el venero (así lo llaman). Nosotros recogimos muestras de chapopote incluído en la arena fosilífera; muestras que recuerdan las encontradas por El Pescadero, Bahía Magdalena, etc.

CHAPOPOTE EN EL INTERIOR DE LA PENINSULA

En el rancho de Santo Domingo, sobre el arroyo del mismo nombre, visitamos unas cuevas en donde, se decía, había chapopote.

El rancho de Santo Domingo se halla a una altura de 260 metros sobre el nivel del mar. Las cuevas susodichas se encuentran en el cerro Atravesado, distando 10 minutos de aquel rancho. La parte superior del cerro —que no es sino una mesa—, está cubierta por la corriente basáltica, la cual forma la conocida ceja acantilada. La corriente en este lugar, no forma las columnas irregulares vistas generalmente en otros sitios, sino que se encuentra como plegada o movida.

El espesor de la corriente es de 30 metros. Dicha corriente descansa sobre tobas y arenas. Las cuevas se encuentran en la base de la corriente, cerca del contacto. La altura es de 360 metros. La materia que se supone hidrocarburada aparece entre las lajas basálticas, en una grieta en que la dirección y echado es N. 80° E. y N. 38° W. respectivamente. Se recogieron muestras de dicha sustancia, de aspecto asfáltico, las cuales deben ser analizadas a la mayor brevedad posible.

Podemos citar otros dos casos de aparición de alquitrán, nombre que dan los rancheros al chapopote. Del rancho de Las Tunas, ubicado en la sierra de nombre María y sobre el camino que va de La Purísima a Mulegé, provienen unas muestras regaladas por la señora de don Pedro Peralta, de La Purísima.

El señor Manuel Romero nos afirmó que en San Pablo, cerca de Trinidad y ya en la sierra, aparece el alquitrán. Ninguna de las dos localidades pudieron visitarse por encontrarse sumamente alejadas de nuestro itinerario. Los habitantes emplean el *alquitrán* como remedio contra los dolores de cabeza.

PETROLEO LIQUIDO

En nuestra visita a Las Vacas, cañón paralelo al valle de San José de Gracia (Figs. 18 y 19), y como a medio kilómetro del rancho del señor Gil Murillo, sobre el fondo del valle y cauce arriba, nos mostró la señora su hija, el lugar donde se encuentra el ojo de agua. Nos dijo que en aquellos lugares las aguas salen cubiertas de una nata de petróleo. Nosotros no vimos sino vestigios muy dudosos. Pero nos dijeron—y a nosotros no nos consta—, que poco antes, lluvias muy fuertes habían arrastrado aquella nata. Como era imposible permanecer ahí por mucho tiempo, no pudimos cerciorarnos de la autenticidad de tal aserto; sin embargo, se veían flotar películas de grasa en los caños de riego. Hacemos constar que son varios los geólogos y gambusinos extranjeros que han ido por ahí.

MARGAS CARBONOSAS

En distintos lugares de la región, las margas presentan huellas de materia carbonosa. Ejemplo: San José de Gracia, Las Vacas, La Purísima, etc., algunas de ellas conteniendo restos marinos, como dientes de tiburón.

PERFORACIONES

La única perforación —por desgracia infructuosa—, hecha hasta ahora, es la de Casas Viejas. Dicho punto está situado a tres leguas al W. de La Purísima, sobre el arroyo del mismo nombre y a seis leguas de la costa. La perforación fué hecha hace 16 ó 17 años por ingenieros americanos, pero la compañía era mexicana—el señor Martínez, dueño principal de la Naviera del Pacífico, era uno de los socios más prominentes—. La perforación alcanzó la profundidad de 1,700 a 1,800 pies—570 a 600 metros—. A dos o tres metros comenzó a salir agua; pero atravesaron varias capas acuíferas antes de llegar al lecho actual de donde sale el agua. El pozo tiene en la boca un diámetro de 16 a 18 pulgadas; por ahí sale un chorro de agua a la temperatura de unos veinticinco grados; como se ve, es agua termal; también es un poquito sulfurosa y bastante salobre. Actualmente tiene un uso esencialmente medicinal.

Al llegar a la profundidad antes dicha, se les rompió la barrena; dicen que trabajaron durante algún tiempo tratando de sacarla, y que, por último, decidieron irse a California para traer útiles de pesca. No volvieron más. Cuentan que llegaron a ver aceite sobre las aguas. Los vecinos se han encargado de llevarse poco a poco la torre de madera; el tiempo los ha ayudado enmoheciendo y destruyendo la maquinaria y los tubos.

VII

HORIZONTES GEOLOGICOS PETROLIFEROS

Después de lo asentado en las páginas anteriores, réstanos considerar las probabilidades que ofrece la región recorrida para el almacenamiento de depósitos subterráneos petrolíferos, y, lo que es más importante aún: localizar la zona donde existen las mayores probabilidades de encontrar estos depósitos.

DISCUSION DE LA ZONA PROBABLE

En nuestra opinión la subregión del Pacífico ofrece mayores garantías de éxito que la subregión del Golfo. Nuestras razones son las siguientes:

primera, en la subregión del Golfo son escasos los depósitos sedimentarios; segunda, el inmenso material volcánico andesítico llega hasta las orillas de las costas, y tercera, se han producido movimientos verticales enormes, producto de la intensidad mayor debida al levantamiento de la Península. Si hay petróleo, éste debe encontrarse a profundidades exageradas o en el fondo de las aguas, en condiciones difíciles de extracción.

Admitiendo, pues, que la subregión del Pacífico es la más aceptable, trataremos de localizar cuál es la zona más apropiada para la explotación.

Es indiscutible que debe rechazarse de plano el macizo diorítico, más bien todo lo que nosotros llamamos subregión de la Sierra.

No debe intentarse perforación alguna que tenga que cortar la corriente basáltica de la altiplanicie. Ya dijimos, en la página 99 la profunddad a que tenía que perforarse para llegar al mismo nivel estratigráfico alcanzado por las capas más inferiores del pozo de Casas Viejas. Existen grandes probabilidades de que hay petróleo debajo de las corrientes basálticas, pero se encuentra a tanta profundidad, que su extracción comercial es imposible.

Es necesario recordar que las eyecciones volcánicas basálticas a través de focos, provenientes de una batolita común (Fig. 21), han debido ser causa de la formación de una especie de cortina impermeable constituída por los cuellos volcánicos, intrusiones, diques, y en general, por la elevación de la roca magmática efusiva. De aquí que la zona que debe explorarse para localizar pozos es la faja de sedimentos costeros. Es decir, una zona que varía entre 20 y 30 kilómetros de anchura. La zona en el litoral debe estudiarse detenidamente, con objeto de determinar adónde pueden hacerse algunos sondeos preliminares.

Perforaciones submarinas no deben intentarse de ningún modo, a excepción de las que pueden hacerse pegadas a las costas o dentro de los esteros. La razón es obvia: siendo el echado general de las capas hacia el W., es claro que aumenta uno la distancia estratigráfica a la capa petrolífera con el espesor de la capa de agua marina.

Ya fijada la zona probable de yacimientos petrolíferos explotables, réstanos concluir que hay varias localidades en donde antes que en otra parte, deben intentarse las perforaciones. Pero la localización de pozos sería materia de otro estudio.

LINEA DE COSTAS

Esteros, bahías, etc.—Si echamos una ojeada al mapa de la zona del litoral del Pacífico de la Baja California, veremos que, como dijimos en otra parte, es la característica de costas levantadas. Ese levantamiento de la Península, por lo que a nuestra región se refiere, ha sido gradual, y en general, lento. Ha habido sus paroxismos de plegamientos en la parte del Golfo, pero del lado del Pacífico nunca este plegamiento fué muy grande. De aquí se deriva que en toda la época terciaria al menos, una línea similar de costas debe haber existido. Abundan las margas, arenas y arcillas; son menos las calizas. Ahora bien, nosotros sabemos que los esteros, lagunas cerradas, etc., son los tipos geológico-físicos marinos más apropiados para la formación de los aceites minerales.

Recordaremos que ha habido varias oscilaciones; que las desembocaduras de los arroyos han sido azolvadas; que las aguas han vuelto a entrar en algunos de ellos, y que sobre los elementos estratigráficos normales, han sido superpuestos, ya capas marinas en discordancia, ya depósitos de yeso y sal. La abundancia de salinas y la presencia de grandes acumulaciones de yeso, indican no sólo un clima muy similar al presente en aquella época, sino también condiciones geográficas muy semejantes a las actuales.

PARALELISMO DE LA COSTA A LA CADENA DE MONTAÑAS

Otro de los factores favorables en nuestra región es el notable paralelismo que existe entre la costa y la sierra. Para darse cuenta perfecta de este asunto, hay que recordar lo que hemos dicho en el capítulo de Geología Estructural. Pero es más útil penetrarnos de lo que este factor significa: la duración de condiciones favorables. Y no sólo el macizo diorítico, sino que también los alineamientos principales estructurales, como fallas y efusiones volcánicas posteriores, han sido paralelos a la costa.

CLASE DE ROCA

Es indiscutible que, en general, en todas las clases de rocas ígneas no hay que esperar acumulaciones de aceite; sólo en rocas sedimentarias deben buscarse tales acumulaciones. Las rocas ígneas, en particular las efusivas, pueden servir como cubiertas o cortinas impermeables, debajo y al lado de las cuales se puede acumular el petróleo. En nuestra región las rocas existentes son las apropiadas.

EDAD DE LOS TERRENOS

La mayoría de los receptáculos petrolíferos del mundo, se encuentran en depósitos terciarios. Los descubiertos hasta ahora en nuestro país, se encuentran en terrenos cretácicos y terciarios. En nuestra región la edad de los terrenos es, pues, enteramente favorable, ya que las capas sedimentarias datan de aquellas épocas.

NATURALEZA DE LOS LECHOS

Sabemos muy bien que no toda clase de rocas sedimentarias son las apropiadas para servir de receptáculo subterráneo. Las condiciones ideales son areniscas porosas intercaladas entre capas impermeables, generalmente arcillas. En la región recorrida, las arenas y las margas parecen encontrarse repetidas veces a distintos niveles. Recordaremos que en esta región las corrientes basálticas se encuentran en la superficie, y los mantos intrusivos abajo, y que tales formaciones pueden suplir eficientemente a las arcillas. La porosidad de la roca, tamaño del grano de las arenas, capacidad acumulativa, etc., son factores sobre los cuales aún no se puede decir nada. Tenemos suspenso, en estudio, el examen microscópico de las muestras recogidas; pero, por supuesto, habrá que examinar rocas más profundas.

ESTRUCTURA DE LOS LECHOS

Lechos estratificados horizontales o casi horizontales, así como inclinaciones exageradas y formas estructurales inapropiadas, no sirven para receptáculos petrolíferos. Son, igualmente, desfavorables los grandes afallamientos, así como los plegamientos intensos, las zonas metamórficas, etc.

En nuestra región un levantamiento lento y un plegamiento apropiado, ha dado lugar a la formación de domas, anticlinales y sinclinales, perfectamente de acuerdo con las condiciones necesarias para la acumulación subterránea de depósitos petrolíferos.

RESUMIENDO

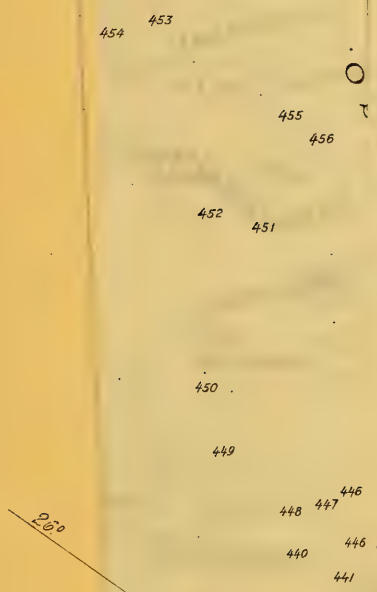
La exploración geológica de la región de La Purísima, ofrece —por lo que a acumulaciones petrolíferas se refiere—, las siguientes favorables condiciones:

1.—Clase de roca apropiada.
2.—Edad conveniente.
3.—Composición adecuada de los estratos.
4.—Estructura de los mismos, adecuada.
5.—Condiciones de estuario.
6.—Presencia de yeso, sal, chapopote.

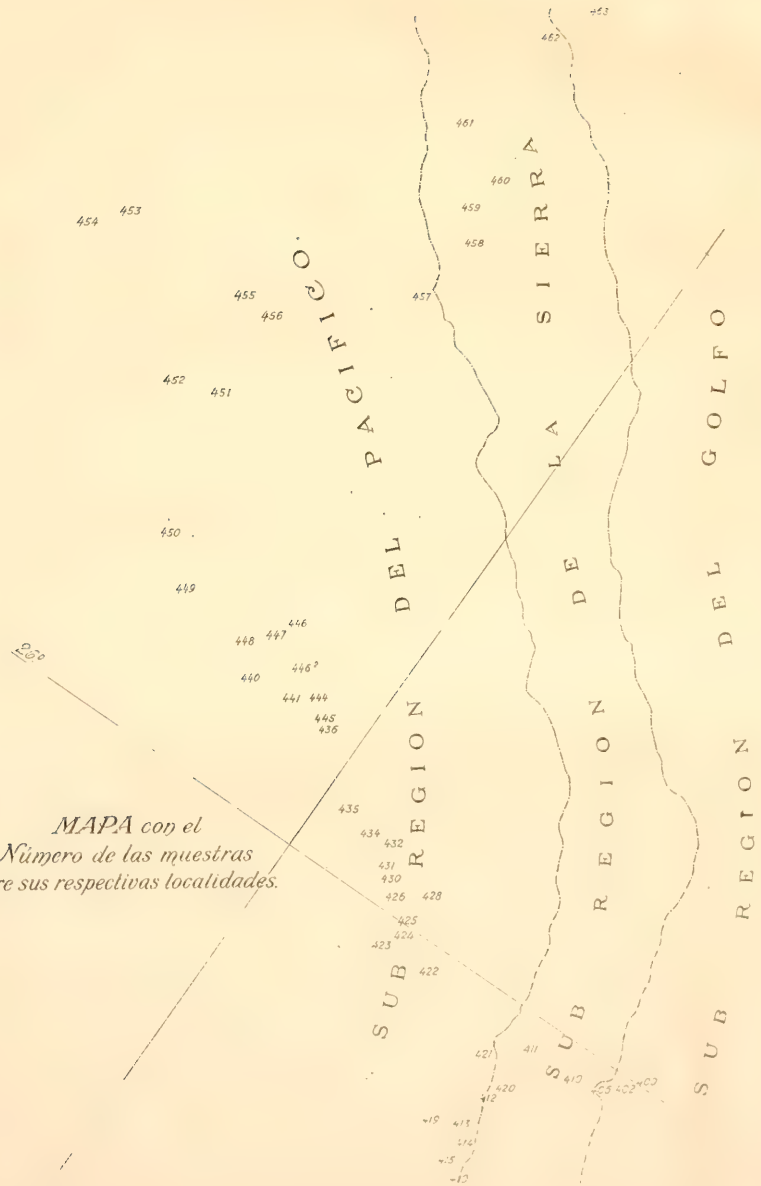
Me permito recomendar a la superioridad que, en mi opinión, el estudio de exploración detallado de la región recorrida, así como la exploración general de otras regiones de la Península, debía proseguirse.

La Paz, Baja California, octubre 12 de 1919.

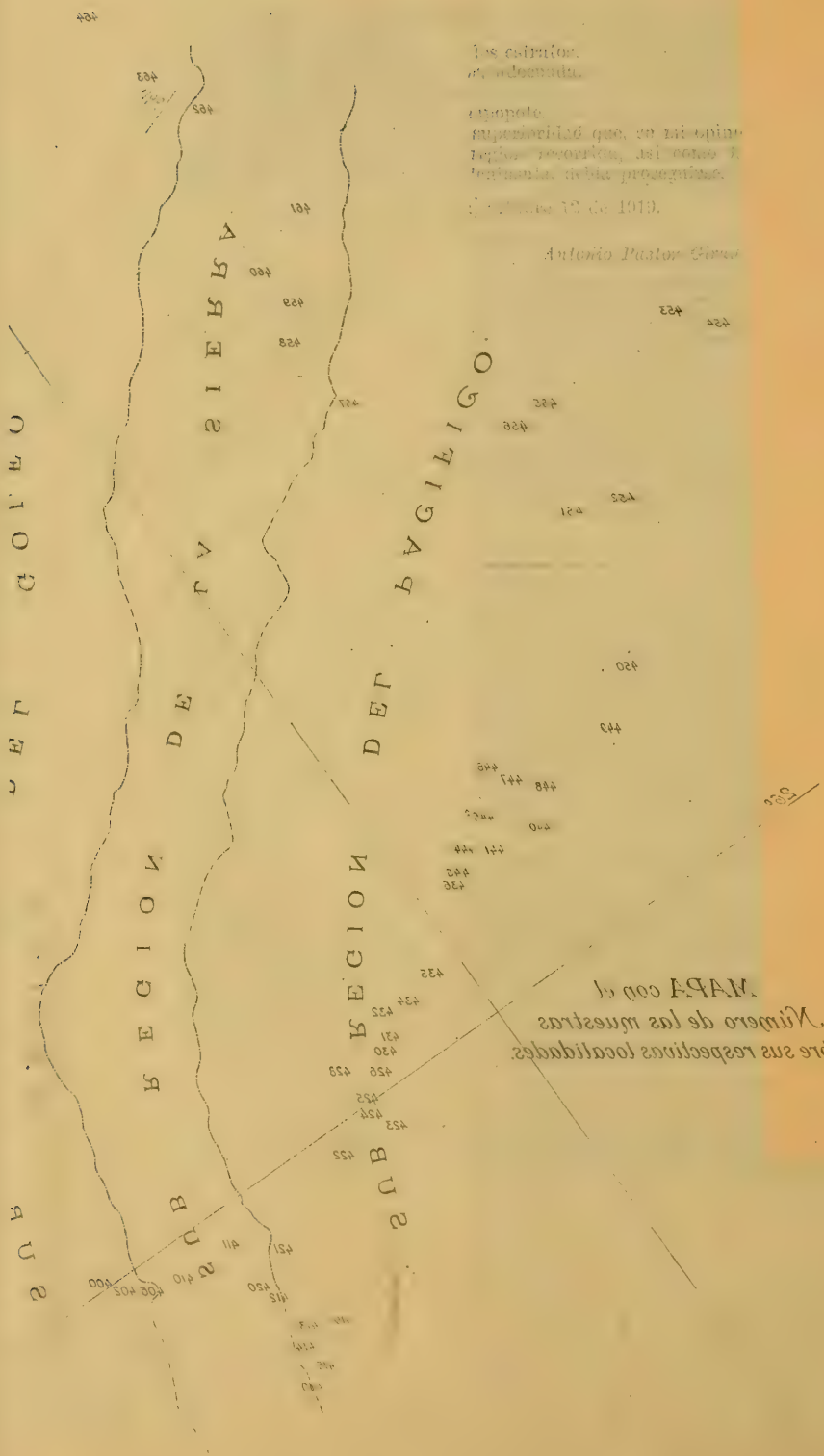
Antonio Pastor Giraud.



MAPA con el Número de las muestras sobre sus respectivas localidades.



MAPA con el Número de las muestras sobre sus respectivas localidades.



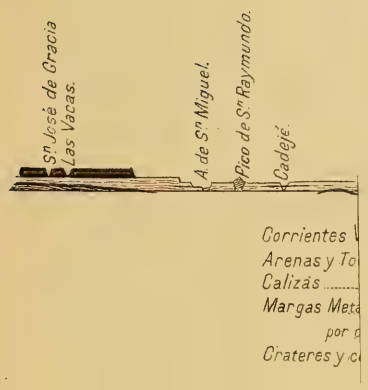
MAPA con el
Número de las muestras
sobre sus respectivas localidades.

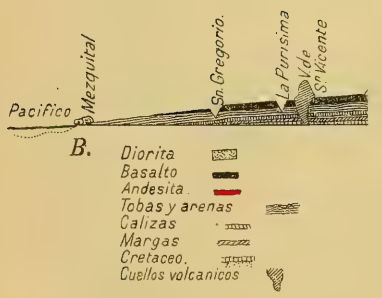
113°
27°
Jesús Mari
Patrocinio
A. de S. Bartolo
Arroyo de S. Benito
S. Jose de Gracia.
Las Vacas
Pilón de S. José
A. de S. Jose de Gracia
S. Juan
El Mesca
El Raizudo
Arroyo de S. Miguel
S. Antonio
Pico de S. Raymundo
Codaje
A. Nomb
Pta. Sto. Domingo.
Pta. Pequeña
S. Juanico
Bahia de Sn. Juanico.
El Mesquital
Arroyo de San G
Puris
Las Lisas
Las Jestilad
El Conejo
S. Gregorio
Lagun.
26°

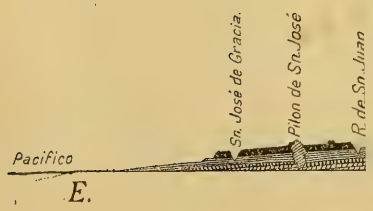
INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

CORTE



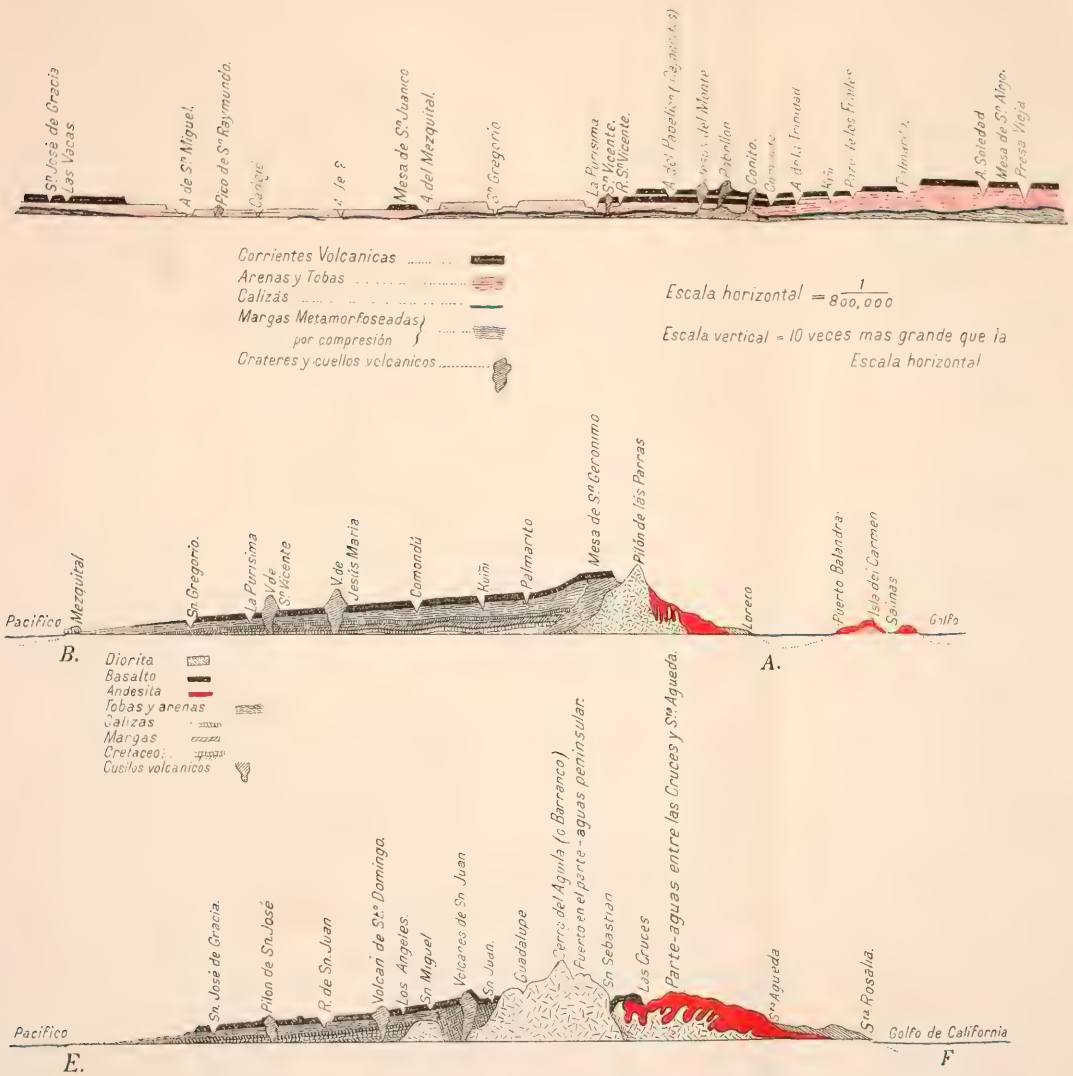




Simbolos y escala igual al corte

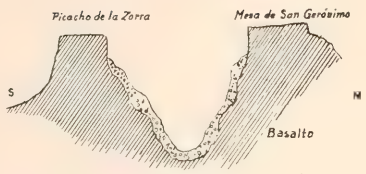
Instituto Geológico de México.

CORTE GEOLOGICO EN LA DIRECCION "C.D".



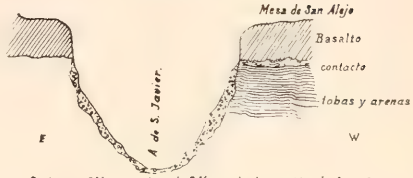
Simbolos y escala igual al corte superior

Fig. núm. 1



Corte del Arroyo del Carrizal a la altura de Rancho Viejo

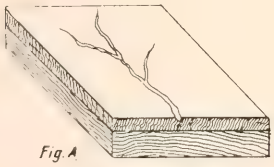
Fig. núm. 2



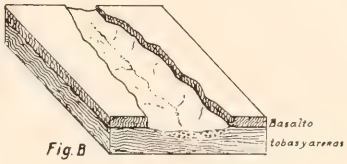
Corte en Vinateria a 2 Kms. de la Misión de San Javier

Fig. núm 3

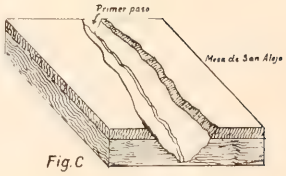
Los Cantiles, cerca de Presa Vieja



Condiciones primitivas de erosion (ejemplo, Mesa del Vigia)

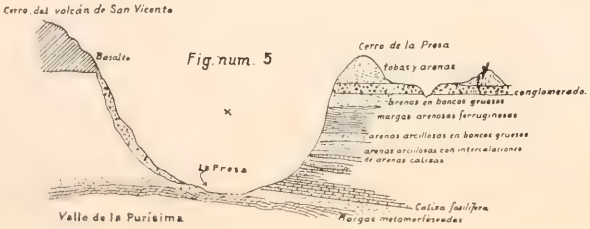


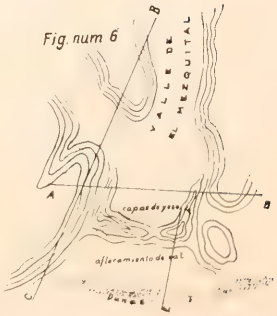
Mesa de la Vuelta (entre Palmarito y Kiñi)

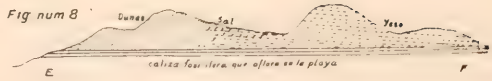


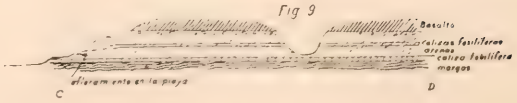
Valle de San Javier

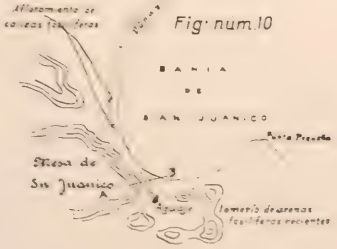
Fig. núm. 4.











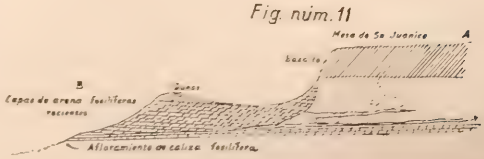


Fig 12

Corte a lo largo del Arroyo de San Gregorio

Pacífico — Dunas — Rancho de S. Gregorio — El Conejo — Las destiladeras — Las Lisa

Fig. 13

Dunas — Laguna de S. Gregorio — Dunas

Fig. 14

Estero de San Gregorio — Barra (bar beach) — Corrientes — Dunas

Corte "El Conejo"

Fig. 15

Conglomerados
Caliza fosilífera 5 mts
Margas 0 50
Arenas 8 50
Capa de ostreas 0.60
Arenas 1.80
Caliza fosilífera 0 80
Margas
Arenas
Arroyo de San Gregorio
Grava de arroyo

Fig. 16

Terrazas — Calizas — arenas — Arroyo de Cadejé — arenas 30 mts — discordancia — contacto no metamórfico — basalto columnar

Fig. 17

Mesa — derrumbes — Margas — Arroyo de S José de Gracia — arenas — 200 mts — 120 mts sobre el nivel del mar

Fig. 18

Mesa a 275 mts. — Valle de Las Vacas — Margas — Valle de S. José de Gracia — 55 mts. — 50 a 60 mts.

Fig. 19

basalto — arena — margas — 100 mts. — Valle de Las Vacas — 30 mts

Fig. 20

Mesa de S. Juan altura 335 mts. — Terraza alternando a uno y otro lado 260 mts — Corriente de basalto — Margas — Arroyo de San Miguel — arenas — 200 mts sobre el nivel del mar

Fig. 21

Lacolita en el Arroyo de S. Miguel — Pico de S. Raimundo — Cardón — Corrientes basálticas — Sierra — Lacolita

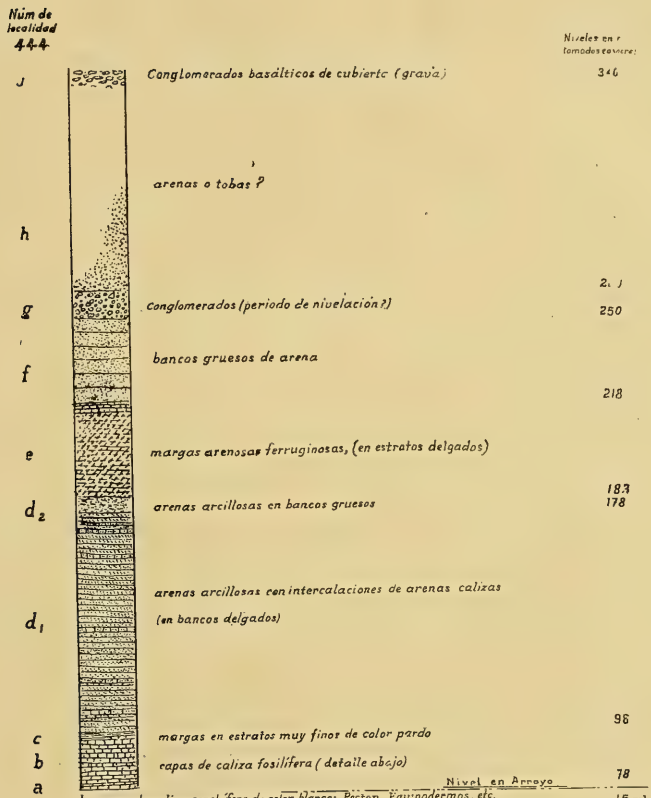
Fig 22

c. Roca efusiva — contacto — Masa plutónica

Corte a 300 mts. del Rancho de S. Miguel, valle arriba.

Lám. V.

Sección del cerro de La Presa, región de La Purísima.



PUBLICACIONES DEL INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN

* Número 1.—Fauna Fósil de la Sierra de Catorce, por los Ings. A. del Castillo y J. G. Aguilera.—1895.—56 págs., 21 láms.
* Número 2.—Las Rocas Eruptivas del SO. de la Cuenca de México, por el Ing. E. Ordóñez.—1895.—46 págs., 1 lám.
* Número 3.—La Geografía Física y la Geología de la Península de Yucatán, por el Dr. C. Sapper.—1896.—58 págs., 6 láms.
* Números 4, 5 y 6.—Bosquejo Geológico de México, por los ingenieros J. G. Aguilera y E. Ordóñez.—1897.—272 págs., 5 láms.
* Números 7, 8 y 9.—El Mineral de Pachuca, por los ingenieros J. G. Aguilera, E. Ordóñez y P. C. Sánchez.—1897.—184 págs., 14 láms.
* Número 10.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana, por R. Aguilar y Santillán.—1898.—158 págs.
* Número 11.—Catálogos sistemático y geográfico de las especies mineralógicas de la República Mexicana, por el ingeniero José G. Aguilera.—1898.—158 págs.
* Número 12.—El Real del Monte, por los ingenieros E. Ordóñez y M. Rangel.—1899.—108 págs., 26 láms.
* Número 13.—Geología de los alrededores de Orizaba, con un perfil de la vertiente oriental de la Mesa Central de México, por el doctor Emilio Böse.—1899.—54 págs., 3 láms.
* Número 14.—Las Rhyolitas de México (Primera parte), por el ingeniero E. Ordóñez.—1900.—78 págs., 6 láms.
* Número 15.—Las Rhyolitas de México (Segunda parte), por el ingeniero E. Ordóñez.—1901.—78 págs., 6 láms.
* Número 16.—Los criaderos de fierro del Cerro del Mercado en Durango, por el ingeniero M. Rangel, y de la hacienda de Vaquerías, Estado de Hidalgo, por el ingeniero J. D. Villarello y doctor E. Böse.—1902.—144 págs., 5 láms.
* Número 17.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana, completada hasta 1904, por R. Aguilar y Santillán.—1904.—XVII + 330 págs.

Número 18.—Descripción Histórica de la Red Sismológica, por M. Muñoz Lumbier.—1919.—68 págs., 14 láms.

Número 19.—Los temblores de Guadalajara en 1912, por el doctor Paul Waitz y Fernando Urbina.—1919.—IV + 83 págs., 32 láms.

* Número 20.—Reseña acerca de la Geología de Chiapas y Tabasco, por el doctor E Böse.—1905.—116 págs., 9 láms.

Número 21.—Le Faune Marine du Trias Supérieur de Zacatecas, par le Dr. C. Burckhardt avec le collaboration du docteur S. Scalia.—1905.—44 págs., 8 láms.

* Número 22.—Sobre algunas faunas terciarias de México, por el doctor E. Böse.—1906.—96 págs., 12 láms.
* Número 23.—Le Faune jurassique du Mazapil, Zac., par le docteur C. Burckhardt.—1906.—216 págs., 43 pls.
* Número 24.—La Fauna de moluscos del Senoniano de Cárdenas, S. L. P., por el Dr. E. Böse.—1906.—95 págs., 18 láms.

Número 25.—Monografía Geológica y Paleontológica del Cerro de Muleros, cerca de Ciudad Juárez, Estado de Chihuahua, y descripción de la Fauna Cretácica de la Encantada, cerca del Placer de Guadalupe, Estado de Chihuahua, por el Dr. E. Böse.—1910.—196 págs., 50 láms.

* Número 26.—Algunas regiones petrolíferas de México, por el ingeniero J. D. Villarello.—1908.—122 págs., 22 láms.

Número 27.—La Granodiorita de Concepción del Oro en el Estado de Zacatecas y sus formaciones de contacto, por el doctor Alfred Bergeat. — 1910.— 109 págs., 9 láms. y 15 figs.

Número 28.—Las aguas subterráneas en el borde meridional de la Cuenca de México, por el ingeniero J. D. Villarello. — 12 láms. y un croquis geológico (1:100,000).—Informe sobre las aguas del río de la Magdalena, por el profesor J. S. Agraz.—1911.—89 págs.

Número 29.—Faunes jurassiques et crétaciques de San Pedro del Gallo, Durango, par le Dr. C. Burckhardt.—1912.—264 págs., 46 pls.

* Número 30.—Sobre algunas faunas del Cretácico superior de Coahuila y regiones limítrofes, por el Dr. E. Böse.—1913.—56 págs., 8 láms.

Número 31.—La Flora Liásica de la Mixteca Alta, por el Dr. G. R. Wieland.—1914.— 162 págs., 50 láms.

Número 32.—La zona megasísmica Acambay-Tixmadejé, Estado de México, estudiada por F. Urbina y H. Camacho.—1913.—125 págs., 75 láms.

Número 33.—Faunas jurásicas de Symon, Zac., y Faunas cretácicas de Zumpango del Río, Dgo., por el Dr. C. Burckhardt.—1920.—137 págs., 32 láms.

* Número 34.—Descripción de unas plantas liásicas de Huayacocotla, Veracruz.—Algunas plantas de la Flora Liásica de Huauchinango, Puebla, por Enrique Díaz Lozano.—1916.—18 págs., 9 láms.

* Número 35.—El Petróleo en la República Mexicana, por el ingeniero de minas M. Bustamante.—1918.—216 págs., 37 láms., 2 cartas y 2 perfiles. (1.ª parte.)

Número 36.—La sismología en México, por Manuel Muñoz Lumbier.—1918.—102 págs., 32 láms.

Número 37.—Estudio geológico minero de los Distritos de El Oro y Tlalpujahua, por el ingeniero de minas Teodoro Flores.—87 págs. 3 cuadros y 20 láms.

Número 38.—Memoria relativa al terremoto mexicano del 3 de enero de 1920, por las comisiones del Instituto Geológico de México.—109 págs., 113 fots. y 8 planos, cartas y croquis.

Número 39.—Exploración en la Península de Baja California, por el ingeniero Vicente Gálvez. (En prensa.)

Número 40.—Catálogo Sistemático de las Especies Minerales de México y sus Aplicaciones Industriales. (En prensa.)

Número 41.—Catálogo Geográfico de las Especies Minerales de México. (En prensa.)

Número 42.—Algunas Faunas Cretácicas de Zacatecas, Durango y Guerrero, por el doctor Emilio Böse. (En prensa.)

Número 43.—Estudio geológico de la zona minera comprendida entre los minerales de Atotonilco, El Chico y Zimapán, en el Estado de Hidalgo, por una comisión del Instituto Geológico de México, presidida por el ingeniero de minas Teodoro Flores. (En prensa.)

Número 44.—El Cerro del Mercado, Durango, por una comisión del Instituto Geológico de México, formada por los señores ingenieros de minas Leopoldo Salazar Salinas, Pedro González, Manuel Santillán, Antonio Acevedo y petrógrafo A. R. Martínez Quintero. (En prensa.)

PARERGONES

* Tomo I. Número 1.—Los Temblores de Zanatepec, Oax.—Estado actual del Volcán de Tacaná, Chiapas, por el Dr. Emilio Böse.—1903.—25 págs., 4 láms.

* Número 2.—Fisiografía, Geología e Hidrología de los alrededores de La Paz, Baja California, por el Dr. E. Angermann.—El área cubierta por la ceniza del Volcán de Santa María, octubre de 1902, por el Dr. Emilio Böse. —1904.—26 págs., 3 láms.

* Número 3.—El Mineral de Angangueo, Michoacán, por el ingeniero E. Ordóñez.—Análisis de una muestra de granate del Mineral de Pihuamo, Jalisco, por el ingeniero J. D. Villarello.—Apuntes sobre el Paleozoico en Sonora, por el Dr. E. Angermann.—1904.—34 págs., 2 láms.

* Número 4.—Estudio de la teoría química propuesta por el señor ingeniero Andrés Almaraz, para explicar la formación del petróleo de Aragón, México, D. F., por el ingeniero J. D. Villarello.—El fierro meteórico de Bacubiri-

to, Sinaloa, por el Dr. E. Angermann. — Las aguas subterráneas de Amozoc, Puebla, por el ingeniero E. Ordóñez.—1904.—24 págs., 1 lám.

* Número 5.—Informe sobre el temblor del 16 de enero de 1902 en el Estado de Guerrero, por los Drs. E. Böse y E. Angermann.—Estudio de una muestra de mineral asbestiforme procedente del Rancho de Ahuacatillo, Distrito de Zinapécuaro, Estado de Michoacán, por el ingeniero J. D. Villarello.—1904.—26 págs.

* Número 6.—Estudio de la Hidrología subterránea de la región de Cadereyta Méndez, Estado de Querétaro, por el ingeniero J. D. Villarello. — 1904.—58 págs., 2 láms.

Número 7.—Estudio de una muestra de grafita de Ejutla, Estado de Oaxaca, por el ingeniero J. D. Villarello.—Análisis de las cenizas del Volcán de Santa María, Guatemala, por el ingeniero E. Ordóñez.—1904.—26 págs.

* Número 8.—Hidrología Subterránea de los alrededores de Querétaro, por el ingeniero J. D. Villarello.—1905.—55 págs., 8 láms. y 2 figs.

Número 9.—Los Xalapazcos del Estado de Puebla, por el ingeniero E. Ordóñez. (Primera parte.)—1905.—54 págs., 1 plano y 4 láms.

Número 10.—Los Xalapazcos del Estado de Puebla, por el ingeniero E. Ordóñez. (Segunda parte.)—1905.—45 págs., 3 pls. y 8 láms.

* Tomo II. Número 1.—Explicación del Plano Geológico de la Región de San Pedro del Gallo, Estado de Durango, por el Dr. Ernesto Angermann.—Sobre la Geología de la Bufa, Mapimí, Estado de Durango, por el Dr. Ernesto Angermann.—Notas Geológicas sobre el Cretáceo en el Estado de Colima, por el Dr. E. Angermann.—1907.—35 págs., 3 láms.

* Número 2.—Sobre algunos fósiles Pleistocénicos recogidos por el Dr. E. Angermann en la Baja California, por el Dr. E. Böse.—Sobre la aplicación de la potasa cáustica a la preparación de fósiles, por el Dr. Emilio Böse y Víctor von Vigier.—Sobre las rocas fosforíticas de las sierras de Mazapil y Concepción del Oro, Zacatecas, por el Dr. Carlos Burckhardt.—1907.—31 págs., 1 lám.

* Número 3.—El Volcán Jorullo, por el ingeniero Andrés Villafaña.—1907.—58 págs., 8 láms.

* Números 4, 5 y 6.—El temblor del 14 de abril de 1907, por el Dr. Emilio Böse e ingenieros A. Villafaña y J. García y García. — 1908. — 124 págs., 43 láms. y 1 cuadro.

* Número 7.—El Valle de Cerritos, Estado de San Luis Potosí, por el ingeniero Ezequiel Ordóñez, págs. 263-273.—Fuente termal en Cuitzeo de Abasolo, Estado de Guanajuato, por el ingeniero Andrés Villafaña, págs. 277-287, láms. LVI-LVII.

* Número 8.—Estudio Hidrológico de la región de Río Verde y Arroyo Seco, en los Estados de San Luis Potosí y Querétaro, por el ingeniero Trinidad Paredes, págs. 282-337, lám. LVIII.—1909.

* Número 9.—Hidrología subterránea de los alrededores de Pátzcuaro, Estado de Michoacán, por el ingeniero J. D. Villarello, págs. 339-362.—El hundimiento del Cerro de Sartenejas en los alrededores de Tetecala, Estado de Morelos, por el ingeniero T. Flores, págs. 363-384, láms. LIX a LXII.—1909.

* Número 10.—Catálogo de los temblores (macrosismos) sentidos en la República Mexicana durante los años de 1904 a 1908, págs. 389-467.—1909.

* Tomo III. Número 1.—El Pozo de Petróleo de Dos Bocas, por el ingeniero J. D. Villarello, págs. 5-112, láms. I-XXXVII.—1909.

Número 2.—Estudio Geológico de los alrededores de una parte del Río Nazas, en relación con el proyecto de una presa en el Cañón de Fernández, por el Dr. C. Burckhardt e ingeniero J. D. Villarello, págs. 117-135, láminas XXVII-XXXVI.—1909.

* Número 3.—Estudio Hidrológico del Valle de Ixmiquilpan, Estado de Hidalgo, por el ingeniero Trinidad Paredes, págs. 141-172, láms. XXXVII-XLIV.—Catálogo de los temblores (macro y microsismos) sentidos en la República Mexicana durante el primer semestre de 1909, págs. 173-199.—1909.

Número 4.—Hidrología subterránea de la Comarca Lagunera del Tlahualilo, por el ingeniero J. D. Villarello, págs. 201-251, láms. XLV-XLVIII.—1910.

Número 5.—Nuevos datos de la Estratigrafía del Cretácico en México, por el Dr. E. Böse, págs. 257-280.—Nuevos datos sobre el Jurásico y el Cretácico en México, por el Dr. C. Burckhardt, págs. 281-301.—1910.

Número 6.—Estudio Geológico de la región de San Pedro del Gallo, Durango, por el doctor C. Burckhardt, págs. 307-357, láms XLIX-LI (plano geológico, 1:25,000) y 9 figs. — Plesiosaurus (Polyptychodon?) Mexicanus Wieland, por el Dr. G. R. Wieland, págs. 359-365, lám. LII.—1910.

Número 7.—Informe acerca de una excursión geológica preliminar efectuada en el Estado de Yucatán, por Jorge Engerrand y Fernando Urbina, con la colaboración del ingeniero J. Baz y Dresch, págs. 369-424, láms. LIII-LXXIV.—Estudio químico y óptico de una labradorita del Pinacate, Sonora, por el ingeniero I. S. Bonillas, págs. 425-432, lám. LXXV. —1910.

Número 8.—Catálogo de los temblores (macrosismos) sentidos en la República Mexicana y microsismos registrados en la Estación Sismológica Central, Tacubaya, D. F., durante el segundo semestre de 1909, págs. 435-496.—1911.

Número 9.—Reconocimiento de algunos criaderos de fierro del Estado de Oaxaca, por el ingeniero I. S. Bonillas, págs. 499-524. láms. LXXVI-LXXIX.—1911.

Número 10.—Catálogo de los temblores (macrosismos) sentidos en la República Mexicana y microsismos registrados en la Estación Sismológica Central, Tacubaya, D. F., durante el año de 1910, págs. 257-571.—Microsismos registrados en las Estaciones Sismológicas de Mazatlán y Oaxaca, de agosto a diciembre de 1910, págs. 273-587.—Indices del tomo.—1911.

Tomo IV. Número 1.—Notas preliminares relativas a un reconocimiento geológico por el curso del Atoyac (Río Verde), Oaxaca, por el Dr. P. Waitz, págs. 8-32.—Catálogo de los microsismos registrados en la Estación Sismológica Central durante el año de 1911, págs. 43-85.—1912.

* Número 2-10.—Memoria de la Comisión que exploró la región Norte del Territorio de la Baja California, por los Drs. E. Böse, E. Wittich e ingenieros T. Flores, P. González y señores F. Urbina y J. Engerrand, págs, 89-533, 112 láms.—1913.

Tomo V. Números 1-3.—Catálogo de los movimientos registrados en las Estaciones Sismológicas de Mérida, Mazatlán, Oaxaca y de los macrosismos sentidos en la República Mexicana durante el año de 1911, 76 págs.—1913.

Número 4.—Análisis hechos en el Laboratorio de Química del Instituto Geológico. Números 1-279.—109 págs.—1913.

Número 5.—Apuntes acerca de la Hidrología Subterránea del Estado de Coahuila, por el ingeniero J. D. Villarello.—Informe relativo al agua solicitada por los vecinos de Pueblito, Querétaro.—Informe sobre el pozo de Yurécuaro, Michoacán, por el ingeniero T. Paredes.—34 págs.—1913.

Números 6-7-8.—Catálogo de los sismos registrados en la Estación Sismológica Central y en las de Mérida, Zacatecas, Oaxaca y Mazatlán, y de los macrosismos sentidos en la República Mexicana durante el año de 1912.—125 págs.—1914.

Número 9.—Rocas Mexicanas clasificadas al microscopio en el Instituto Geológico, págs. 353-426.—1914. (Estados de Aguascalientes a Jalisco.)

* Número 10.—Las aguas subterráneas en los Municipios de Acatlán y Jaltepec, Distrito de Tulancingo, Estado de Hidalgo, por el ingeniero Vicente Gálvez, págs. 429-475, 15 láms.—Los recursos de agua del Valle de Tecalitlán, Estado de Jalisco, por el ingeniero Trinidad Paredes, páginas 477-501.—1916.

ANALES

Número 1.—Diatomeas fósiles mexicanas, por Enrique Díaz Lozano.—27 págs., 2 láms. —1917.

* Número 2.—Las salinas de México y la industria de la sal común, por José C. Zárate. —1 lám., 71 págs. y 1 carta.—1917.

Número 3.—Las aguas subterráneas al E. de la Bahía Magdalena, Baja California.—Hidrología subterránea de los alrededores del pueblo de Tequisquiapan y Hacienda de la Labor, Distrito de Temascaltepec, Estado de México.—Estudio sobre la probabilidad de encontrar aguas subterráneas en el Potrero de la Ciénega, D. F., por el ingeniero Vicente Gálvez. —58 págs., 12 láms.—1918.

* Número 4.—Análisis de un petróleo crudo del campo del Alamo, por Salvador S. Morales.—Análisis de una nafta, por A. M. de Ibarrola.—Nota sobre un Corundo de una nueva localidad de México, por Carlos Castro.—Captación de aguas potables en el Mineral de Jacala, por el señor Heriberto Camacho.—47 págs., 3 láms. y un plano.—1917.

Número 5.—El Tequezquite del Lago de Texcoco, por el ingeniero Teodoro Flores.—61 págs., 15 láms. y un plano.—1918.

Número 6.—Apuntes sobre el Mineral de Puerto de Nieto, Gto., por el ingeniero Vicente Gálvez.—9 págs. con un croquis.—Breves consideraciones para el estudio de las arcillas que tienen aplicación entre los materiales de construcción, por el arquitecto Benjamín Orvañanos.—5 págs. —1919.

Número 7.—Algunos datos sobre las islas mexicanas para contribuir al estudio de sus recursos naturales, por Manuel Muñoz Lumbier. — 54 págs. y 9 láms.—1919.

Número 8.—Las aguas subterráneas de Tlanalapan, Dto. de Apan, Edo. de Hgo. —23 págs., con dos planos y un croquis.—Informe de las aguas subterráneas del Valle de Tecamachalco o Valsequillo, Edo. de Puebla, por Heriberto Camacho.—Págs. 27 a 38, con 9 láms., un plano, 2 perfiles y un croquis.—Ligeros apuntes sobre el sistema de "Flotación," por el ingeniero Luis Goerne.—Págs., 41 a 50, con 8 figs.—1920.

Número 9.—Depósitos diatomíferos en el Valle de Toxi.—Manantiales en el Pueblo de Tepexi de Rodríguez, Edo. de Pue., por Enrique Díaz Lozano.—1920.

Número 10.—Las publicaciones del Instituto Geológico de México. Reseña de ellas por Carlos G. Mijares. (En prensa.)

Número 11.—Apuntes acerca de la actividad del Popocatépetl, en relación con la sismología, por Heriberto Camacho. (En prensa.)

Número 12.—Las aguas subterráneas del Valle de Morelia, Edo. de Michoacán.—Apuntes para la hidrología subterránea de la parte Sud-Oriental del Estado de Querétaro, por Heriberto Camacho. (En prensa.)

FOLLETOS DE DIVULGACION

* Número 1.—Los temblores de Guatemala, por M. Muñoz Lumbier.—3 págs. y 1 lám.—Enero de 1919.

* Número 2.—Procedimiento para el cuanteo volumétrico del manganeso, por el profesor C. Castro.—3 págs.—Febrero de 1919.

* Número 3.—Informe que rinde el Jefe de la Sección de Química, acerca de unos minerales de manganeso que remitió el Departamento de Minas, para que se viera si tenían substancias radio-activas.—3 págs., 2 láms.—Marzo de 1919.

Número 4.—Informe condensado sobre la construcción de edificios de madera a prueba de temblores, traducción por el doctor E. Böse e ingeniero J. García y García.—Enero de 1920.—15 págs. y 16 láms.

* Número 5.—Apuntes sobre las ferro-ligas, recopilados y extractados de varias publicaciones y análisis, por el ingeniero G. Cicero. — 33 págs. — Agosto de 1920.

* Número 6.—Instrucciones generales para análisis de tierras, por C. Castro.—4 págs. —Septiembre de 1920.

Número 7.—Análisis de Aguas.—Condiciones que deben reunir para que sean potables, por C. Castro.—11 págs.—Febrero de 1921.

Número 8.—Nota sobre el aprovechamiento de la Baritina Mexicana, por el ingeniero C. F. de Landero.—5 págs.—Junio de 1921.

Número 9.—Los Buscadores de Agua (conferencia leída en la B. Sociedad de Geografía y Estadística), por el ingeniero V. Gálvez. — 9 págs. — Octubre de 1922.

MONOGRAFIAS

* "El Goniógrafo."—(La Plancheta.)—Su aplicación práctica para levantamientos topográficos y de configuración orográfica.—Con 12 láms., 2 tablas, 3 formularios y varias figuras en el texto, por el ingeniero Luis Bolland.—1919.

A las Grutas de Cacahuamilpa en Automóvil, por el ingeniero L. Salazar Salinas.—1922.

La Industria Minera de México.

El Distrito de Guanajuato, por el ingeniero Rafael Orozco. (En prensa.)

*** Agotado.—Out of print.—Epuisé.—Vergriffen.**

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01224 2590